

Rec'd PCT/PTO 27 APR 2005

PCT/JP2004/012847

10/532900

15. 9. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

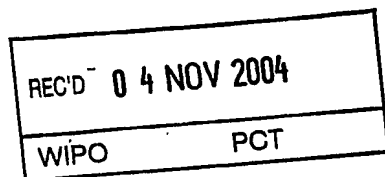
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 9 月 8 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 1 5 6 4 9
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 1 5 6 4 9]

出 願 人
Applicant(s): 日 本 電 信 電 話 株 式 会 社

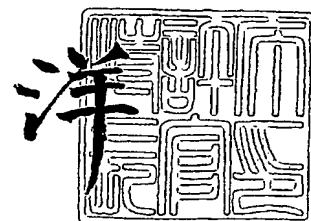


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 0 月 2 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 9 4 8 5 6

【書類名】 特許願
【整理番号】 NTTH155938
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿
【国際特許分類】 H04B 10/00
H04B 10/06
H04B 10/02

【発明者】
【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内
【氏名】 菊島 浩二

【特許出願人】
【識別番号】 000004226
【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】
【識別番号】 100119677
【弁理士】
【氏名又は名称】 岡田 賢治
【電話番号】 03-3575-2752

【選任した代理人】
【識別番号】 100115794
【弁理士】
【氏名又は名称】 今下 勝博

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 202154
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0309080

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

入力する光信号を 2 分岐する光分岐回路と、
2 分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、
該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、
2 分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、
該第一の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第一の識別回路と、
該第二の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第二の識別回路と、
該第一の識別回路からの電気信号と該第二の識別回路からの電気信号との論理積を演算する論理積回路と、
該論理積回路からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 2】

入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、
該光増幅回路からの光信号を 2 分岐する光分岐回路と、
2 分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、
該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、
2 分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、
該第一の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第一の識別回路と、
該第二の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第二の識別回路と、
該第一の識別回路からの電気信号と該第二の識別回路からの電気信号との論理積を演算する論理積回路と、
該論理積回路からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 3】

入力する光信号を 2 分岐する光分岐回路と、
2 分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、
該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、
2 分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、
該第一の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第一の識別回路と、
該第二の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第二の識別回路と、
該第一の識別回路からの電気信号と該第二の識別回路からの電気信号との論理和を演算する論理和回路と、
該論理和回路からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 4】

入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、
該光増幅回路からの光信号を 2 分岐する光分岐回路と、
2 分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、
該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、
2 分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、
該第一の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第一の識別回路と、
該第二の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第二の識別回路と、
該第一の識別回路からの電気信号と該第二の識別回路からの電気信号との論理和を演算する論理和回路と、

該論理和回路からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 5】

入力する光信号を 2 分岐する光分岐回路と、
2 分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、
該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、
2 分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、
該第一の光電変換回路からの電気信号と該第二の光電変換回路からの電気信号とのうち
小さい振幅の電気信号を選択して出力する小振幅選択回路と、
該小振幅選択回路からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅
回路と、

該自動利得制御増幅回路からの電気信号を閾値との大小比較により識別する識別器と、
該識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 6】

入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、
該光増幅回路からの光信号を 2 分岐する光分岐回路と、
2 分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、
該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、
2 分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、
該第一の光電変換回路からの電気信号と該第二の光電変換回路からの電気信号とのうち
小さい振幅の電気信号を選択して出力する小振幅選択回路と、
該小振幅選択回路からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅
回路と、

該自動利得制御増幅回路からの電気信号を閾値との大小比較により識別する識別器と、
該識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 7】

入力する光信号を 2 分岐する光分岐回路と、
2 分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、
該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一のフォトダイオード、2 分岐された
光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二のフォトダイオード、及び抵抗を縦続接
続し、該抵抗への負荷電圧を電気信号として出力する光電変換器と、
該光電変換器からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路
と、

該自動利得制御増幅回路からの電気信号を閾値との大小比較により識別する識別器と、
該識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 8】

入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、
該光増幅回路からの光信号を 2 分岐する光分岐回路と、
2 分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、
該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一のフォトダイオード、2 分岐された
光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二のフォトダイオード、及び抵抗を縦続接
続し、該抵抗への負荷電圧を電気信号として出力する光電変換器と、
該光電変換器からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路
と、

該自動利得制御増幅回路からの電気信号を閾値との大小比較により識別する識別器と、
該識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 9】

入力する光信号を 2 分岐する光分岐回路と、
2 分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、
該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、
2 分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、

該第一の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第一のリミッター増幅回路と、

該第二の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第二のリミッター増幅回路と、

該第一のリミッター増幅回路からの電気信号と該第二のリミッター増幅回路からの電気信号とを加算する加算回路と、

該第一の光電変換回路及び該第二の光電変換回路に光信号が入力したときのレベルと該第一の光電変換回路又は該第二の光電変換回路のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間の閾値で、該加算回路からの電気信号を大小比較により識別するハイレベル識別器と、

該ハイレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。
【請求項 10】

入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、

該光増幅回路からの光信号を 2 分岐する光分岐回路と、

2 分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、

該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、

2 分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、

該第一の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第一のリミッター増幅回路と、

該第二の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第二のリミッター増幅回路と、

該第一のリミッター増幅回路からの電気信号と該第二のリミッター増幅回路からの電気信号とを加算する加算回路と、

該第一の光電変換回路及び該第二の光電変換回路に光信号が入力したときのレベルと該第一の光電変換回路又は該第二の光電変換回路のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間の閾値で、該加算回路からの電気信号を大小比較により識別するハイレベル識別器と、

該ハイレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。
【請求項 11】

入力する光信号を 2 分岐する光分岐回路と、

2 分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、

該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、

2 分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、

該第一の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第一のリミッター増幅回路と、

該第二の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第二のリミッター増幅回路と、

該第一のリミッター増幅回路からの電気信号と該第二のリミッター増幅回路からの電気信号とを加算する加算回路と、

該第一の光電変換回路又は該第二の光電変換回路のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルと該第一の光電変換回路及び該第二の光電変換回路に光信号が入力しないときのレベルとの間の閾値で、該加算回路からの電気信号を大小比較により識別するローレベル識別器と、

該ローレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。
【請求項 12】

入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、

該光増幅回路からの光信号を 2 分岐する光分岐回路と、

2 分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、

該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、

2 分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、

該第一の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第一のリミッター増幅回路と、

該第二の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第二のリミッター増幅回路と、

該第一のリミッター増幅回路からの電気信号と該第二のリミッター増幅回路からの電気信号とを加算する加算回路と、

該第一の光電変換回路又は該第二の光電変換回路のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルと該第一の光電変換回路及び該第二の光電変換回路に光信号が入力しないときのレベルとの間の閾値で、該加算回路からの電気信号を大小比較により識別するローレベル識別器と、

該ローレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 13】

入力する光信号を2分岐する光分岐回路と、

2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、

該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一のフォトダイオード、及び2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二のフォトダイオードを並列接続し、抵抗を共通の負荷とした光電変換器と、

該光電変換器からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路と、

該第一のフォトダイオード及び該第二のフォトダイオードに光信号が入力したときのレベルと該第一のフォトダイオード又は該第二のフォトダイオードのいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間の閾値で、該自動利得制御増幅回路からの電気信号を大小比較により識別するハイレベル識別器と、

該ハイレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 14】

入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、

該光増幅回路からの光信号を2分岐する光分岐回路と、

2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、

該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一のフォトダイオード、及び2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二のフォトダイオードを並列接続し、抵抗を共通の負荷とした光電変換器と、

該光電変換器からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路と、

該第一のフォトダイオード及び該第二のフォトダイオードに光信号が入力したときのレベルと該第一のフォトダイオード又は該第二のフォトダイオードのいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間の閾値で、該自動利得制御増幅回路からの電気信号を大小比較により識別するハイレベル識別器と、

該ハイレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 15】

入力する光信号を2分岐する光分岐回路と、

2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、

該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一のフォトダイオード、及び2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二のフォトダイオードを並列接続し、抵抗を共通の負荷とした光電変換器と、

該光電変換器からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路と、

該第一のフォトダイオード又は該第二のフォトダイオードのいずれか一方に光信号が入力したときのレベルと該第一のフォトダイオード及び該第二のフォトダイオードに光信号が入力しないときのレベルとの間の閾値で、該自動利得制御増幅回路からの電気信号を大小比較により識別するローレベル識別器と、

該ローレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 16】

入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、

該光増幅回路からの光信号を2分岐する光分岐回路と、

2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、

該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一のフォトダイオード、及び2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二のフォトダイオードを並列接続し、抵抗を共通の負荷とした光電変換器と、

該光電変換器からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路と、

該第一のフォトダイオード又は該第二のフォトダイオードのいずれか一方に光信号が入力したときのレベルと該第一のフォトダイオード及び該第二のフォトダイオードに光信号が入力しないときのレベルとの間の閾値で、該自動利得制御増幅回路からの電気信号を大小比較により識別するローレベル識別器と、

該ローレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機。

【請求項 17】

入力する光信号をN個（Nは2以上の整数）に分岐する光分岐器と、

該光分岐器からN個に分岐された光信号をそれぞれ入力とする請求項1から16に記載のいずれかのN個の光信号受信機と、

該N個の光信号受信機からのそれぞれの電気信号の位相を合わせて合成する同相合成器と、を備える光信号受信装置。

【請求項 18】

入力する光信号を光増幅する光増幅器と、

該光増幅器からの光信号をN個（Nは2以上の整数）に分岐する光分岐器と、

該光分岐器からN個に分岐された光信号をそれぞれ入力とする請求項1から16に記載のいずれかのN個の光信号受信機と、

該N個の光信号受信機からのそれぞれの電気信号の位相を合わせて合成する同相合成器と、を備える光信号受信装置。

【請求項 19】

FM一括変換回路を具備する光信号送信機と、

一端が該光信号送信機に接続される光伝送路と、

該光伝送路の他端に接続される請求項1から16までの光信号受信機、又は請求項17若しくは18の光信号受信装置のうちいずれかと、を備える光信号伝送システム。

【請求項 20】

プリディストーション回路とFM一括変換回路とを具備する光信号送信機と、

一端が該光信号送信機に接続される光伝送路と、

該光伝送路の他端に接続される請求項1から16までの光信号受信機、又は請求項17若しくは18の光信号受信装置のうちいずれかと、を備える光信号伝送システム。

【書類名】明細書

【発明の名称】光信号受信機、光信号受信装置及び光信号伝送システム

【技術分野】

【0001】

本発明は、広帯域信号を周波数変調 (FM: Frequency Modulation) した光信号の伝送に使用する光信号受信機、光信号受信装置及び当該光信号受信機又は当該光信号受信装置を利用した光信号伝送システムに関する。より詳細には、周波数分割多重分割されている振幅変調 (AM: Amplitude Modulation)、又は直交振幅変調 (QAM: Quadrature Amplitude Modulation) された多チャンネル映像信号の光信号伝送に使用する光信号受信機、光信号受信装置及び当該光信号受信機又は当該光信号受信装置を利用した光信号伝送システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、周波数分割多重されている振幅変調、若しくは直交振幅変調された多チャンネル映像信号を光伝送する光信号受信機、光信号受信装置、及び光信号伝送システムとして、周波数分割多重された映像信号を一括して周波数変調する FM一括変換方式を用いた光信号受信機、光信号受信装置、及び光信号伝送システムが知られている。

【0003】

この FM一括変換方式を用いた光信号送信機及び光信号伝送システムは、国際標準 ITU-T J. 185 「Transmission equipment for transferring multi-channel television signals over optical access networks by FM conversion」に採用されている (非特許文献 1 参照)。

【0004】

図 1 に、FM一括変換方式を用いた従来の光信号受信機及び光信号伝送システムの構成を、図 2 に、図 1 の A、B、C の箇所における信号スペクトルを示す。図 1 において、80 は光信号送信機、81 は FM一括変換回路、82 は光源、83 は光増幅回路、85 は光伝送路、90 は光信号受信機、91 は光電変換回路、92 は FM復調回路、93 はセットトップボックス、94 はテレビ受像機である。図 2 において、(A)、(B)、(C) はそれぞれ図 1 における A、B、C の信号スペクトルを表す。以後の各図における A、B、C、についても同様である。

【0005】

図 1 において、光信号送信機 80 内では、図 2 (A) に示すような周波数分割多重された映像信号が FM一括変換回路 81 により、図 2 (B) に示すような 1 つの広帯域な周波数変調信号に変換される。周波数変調信号は光源 82 で強度変調され、さらに、光増幅回路 83 で光増幅されて光伝送路 85 に送信される。光信号受信機 90 内では、光電変換回路 91 で光電変換され、電気信号に戻される。この電気信号は広帯域な周波数変調信号であり、FM復調回路 92 で周波数復調されて、図 2 (C) に示すような、周波数分割多重された映像信号に復調される。復調された映像信号は、セットトップボックス 93 を介して、受像機 94 により、適当な映像チャンネルが選択される。

【0006】

この FM一括変換方式に適用できる FM一括変換回路構成を図 3 に示す (例えば、特許文献 1、非特許文献 2、非特許文献 3 参照)。図 3 は光周波数変調部と光周波数局部発振部を用いた FM一括変換回路であって、81 は FM一括変換回路、101 は光周波数変調部、102 は光合波部、103 は光検波部としてのフォトダイオード、104 は光周波数局部発振部である。

【0007】

FM一括変換回路 81 では、光周波数変調部 101 において光周波数 f_o のキャリア光源を用いて周波数 f_s で周波数変調すると、光周波数変調部 101 の出力における光信号

の光周波数 $F_{fml d}$ は、周波数偏移を δf とすると、

$$F_{fml d} = f_0 + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (1)$$

となる。光周波数変調部 101 のキャリア光源としては DFB-LD (Distributed Feed-Back Laser Diode、分布帰還型半導体レーザ) が使用されている。

【0008】

光周波数局部発振部 104 において、光周波数 f_1 の発振光源を用いて発振させ、光周波数変調部 101 からの光信号と光合波部 102 で合波する。光周波数局部発振部 104 の発振光源としては DFB-LD が使用されている。光合波部 102 で合波された 2 つの光信号が光検波部 103 で検波される。検波方式としては光ヘテロダイン方式が適用され、検波素子としてはフォトダイオードが使用されている。検波された電気信号の周波数 f は、

$$f = f_0 - f_1 + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (2)$$

となる。ここで、光周波数変調部 101 のキャリア光源と光周波数局部発振部 104 の発振光源の光周波数を近接させれば、図 2 (B) に示すような、中間周波数 $f_i = f_0 - f_1$ が、数 GHz で周波数偏移 δf の周波数変調された電気信号を得ることが出来る。

【0009】

一般に DFB-LD は注入電流で変調することにより、その光周波数が注入電流に伴って数 GHz の幅で変動するので、周波数偏移 δf としては、数 GHz の値を得ることができる。例えば、約 90 MHz から約 750 MHz の周波数幅に周波数分割多重された多チャンネルの AM 映像信号又は QAM 映像信号を FM-一括変換回路により、図 2 (B) に示すような中間周波数 $f_i = f_0 - f_1$ を約 3 GHz とする、帯域約 6 GHz の周波数変調信号に変換できる。

【0010】

この FM-一括変換方式に適用する他の FM-一括変換回路であって、2 つの光周波数変調部をプッシュプル構成に用いた FM-一括変換回路の例を図 4 に示す。図 4 において、81 は FM-一括変換回路、105 は差動分配器、106 は光周波数変調部、107 は光周波数変調部、102 は光合波部、103 は光検波部としてのフォトダイオードである。

【0011】

FM-一括変換回路 81 では、図 2 (A) に示すような周波数分割多重された映像信号が差動分配部 105 で、位相が反転した 2 つの電気信号として分配される。差動分配部 105 からの 2 つの電気信号のうちの一方の電気信号を変調入力とし、光周波数変調部 106 において光周波数 f_{o1} のキャリア光源を用いて周波数変調すると、周波数偏移を $\delta f/2$ のとき、光周波数変調部 106 の出力における光信号の光周波数 $F_{fml d1}$ は、 $F_{fml d1} = f_{o1} + (\delta f/2) \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t)$ (3) が得られる。但し、(3) 式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。差動分配部 105 からの 2 つの電気信号のうちの他方の電気信号を変調入力とし、光周波数変調部 106 において周波数 f_{o2} のキャリア光源を用いて周波数変調すると、周波数偏移が $\delta f/2$ のとき、光周波数変調部 107 の出力における光信号の光周波数を $F_{fml d2}$ は、 $F_{fml d2} = f_{o2} - (\delta f/2) \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t)$ (4) が得られる。但し、(4) 式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。光周波数変調部 106、107 のキャリア光源としては DFB-LD (Distributed Feed-Back Laser Diode、分布帰還型半導体レーザ) を使用することができる。

【0012】

光周波数変調部 106、107 からの出力は光合波部 102 で合波され、光合波部 102 で合波された 2 つの光信号が光検波部 103 でヘテロダイン検波される。光検波部としては、ヘテロダイン検波素子として機能するフォトダイオードを使用することができる。光検波部 103 でヘテロダイン検波された電気信号の周波数 f は、前記 (3) 式と前記 (4) 式で表される値の差の周波数の電気信号が得られる。即ち、

$$f = f_{o1} - f_{o2} + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (5)$$

となる。但し、(5)式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。ここで、光周波数変調部 106 のキャリア光源の光周波数と光周波数変調部 107 のキャリア光源の光周波数とを近接させれば、図 2 (B) に示すような、中間周波数 $f_i = f_{o1}$ が数 GHz で、周波数偏移 δf の周波数変調された電気信号を得ることが出来る。

【0013】

一般に DFB-LD は注入電流で変調することにより、その光周波数が注入電流に伴って数 GHz の幅で変動するので、周波数偏移 δf としては、数 GHz の値を得ることができる。例えば、約 90 MHz から約 750 MHz の周波数幅に周波数分割多重された多チャンネルの AM 映像信号又は QAM 映像信号を FM 一括変換回路により、中間周波数 $f_i = f_{o1}$ を約 3 GHz とする図 2 (B) に示すような、帯域約 6 GHz の周波数変調信号に変換できる。

【0014】

この FM 一括変換方式に適用する他の FM 一括変換回路であって、電圧制御発振素子を用いた FM 一括変換回路の例を図 5 に示す。図 5 において、81 は FM 一括変換回路、111 は電圧制御発振素子を用いた電圧制御発振部である。

【0015】

FM 一括変換回路 81 では、図 2 (A) に示すような周波数分割多重された映像信号を電圧制御発振部 111 において周波数 f_o を中心周波数として周波数変調すると、出力の電気信号の周波数 f_v は、周波数偏移が δd のとき、

$$f_v = f_o + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (6)$$

となり、中間周波数 $f_i = f_o$ 、周波数偏移 δf の周波数変調信号が得られる。但し、(6)式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。

【0016】

例えば、約 90 MHz から約 750 MHz の周波数幅に周波数分割多重された多チャンネルの AM 映像信号又は QAM 映像信号を FM 一括変換回路 81 により、中間周波数 $f_i = f_o$ を約 3 GHz とする、図 2 (B) に示すような帯域約 6 GHz の周波数変調信号に変換できる。

【0017】

この FM 一括変換方式に適用する他の FM 一括変換回路であって、2つの電圧制御発振素子をプッシュプル構成に用いた FM 一括変換回路の例を図 6 に示す。図 6 において、81 は FM 一括変換回路、105 は差動分配部、112 は電圧制御発振部、114 は電圧制御発振部、115 はミキサ、117 はローパスフィルタである。

【0018】

FM 一括変換回路 81 では、図 2 (A) に示すような周波数分割多重された映像信号が差動分配部 105 で、位相が反転した2つの電気信号に分配される。差動分配部 105 からの2つの電気信号のうちの一方の電気信号を、電圧制御発振部 112 において周波数 f_o を中心周波数とする周波数変調すると、出力の電気信号の周波数 f_{v1} は、周波数偏移が $\delta f/2$ のとき、

$$f_{v1} = f_{o1} + (\delta f/2) \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (7)$$

となり、中間周波数 $f_i = f_{o1}$ 、周波数偏移 $\delta f/2$ の周波数変調信号が得られる。但し、(7)式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。差動分配部 105 からの2つの電気信号のうちの他方の電気信号を変調入力とし、電圧制御発振部 114 において周波数 f_{o1} を中心周波数として周波数変調すると、出力の電気信号の周波数 f_{v2} は、周波数偏移が $\delta f/2$ のとき、

$$f_{v2} = f_{o2} - (\delta f/2) \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (8)$$

となり、中間周波数 $f_i = f_{o2}$ 、周波数偏移 $\delta f/2$ の周波数変調信号が得られる。但し、(8)式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。

【0019】

電圧制御発振部 112、114からの出力をミキサー 115でミキシングし、ミキサー 115でミキシングされた2つの電気信号がローパスフィルタ 117で平滑化される。中間周波数 f_{o1} と中間周波数 f_{o2} の差に等しい周波数の電気信号を通過させるローパスフィルタ 117で平滑化された電気信号の周波数 f は、前記(7)式と前記(8)式で表される値の差の周波数の電気信号が得られる。即ち、

$$f = f_{o1} - f_{o2} + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (9)$$

となる。但し、(9)式では、変調信号を周波数 f_s の信号としている。ここで、図2(B)に示すような、中間周波数 $f_i = f_{o1} - f_{o2}$ が数GHzで、周波数偏移 δf の周波数変調された電気信号を得ることが出来る。

【0020】

例えば、約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数分割多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号をFM一括変換回路により、中間周波数 $f_i = f_{o1} - f_{o2}$ を約3GHzとする図2(B)に示すような、帯域約6GHzの周波数変調信号に変換できる。

【0021】

これまで、歪みの低減を目的とした技術として、プリディストーション回路が知られている(例えば、特許文献2参照)。この従来技術では、プリディストーション回路をFM一括変換回路の歪み補償に適用するブロック図を図7に示す。図7において、80は光信号送信機、81はFM一括変換回路、82は送信回路としての光源、83は光増幅回路、85は光伝送路、86はプリディストーション回路、90は光信号受信機、91は光電変換回路、92はFM復調回路、93はセットトップボックス、94はテレビ受像機である。図7における、A、B、Cは図2における(A)、(B)、(C)の周波数スペクトルを示す。

【0022】

多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号をプリディストーション回路86に入力すると、プリディストーション回路86では、FM一括変換回路81等が発生する歪みと逆の歪みを予め付加し、以後のFM一括変換回路81等で発生する歪みを補償する。プリディストーション回路86の出力は、FM一括変換回路81で周波数変調され、光源82により電気信号から光信号に変換され、光増幅回路83によって光増幅された後に光伝送路85に送出される。送出された光信号は光伝送路85を経て、光信号受信機90の光電変換回路91によって光信号が電気信号に変換され、FM復調回路92で元のAM映像信号又はQAM映像信号に周波数復調される。

【0023】

プリディストーション回路の構成例を図8に示す。図8において、86はプリディストーション回路、121は同相分配部、122は遅延線、123は歪み発生回路、126は差動合成部、124は振幅調整部、125は遅延調整部である。同相分配部121に入力した多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号は、2つに分配され、分配された一方は歪み発生回路123によってFM一括変換回路等で発生する歪みを付加されて、振幅調整部124と遅延調整部125で振幅と遅延を調整される。分配された他方は遅延線122で遅延され、両者は差動合成部126で合成される。その結果、FM一括変換回路等が発生する歪みと逆の歪みを予め付加されることになる。

【0024】

一方、周波数復調回路方式としては、遅延線検波方式がある。光信号受信機90に適用できるFM復調回路の構成を図9に示す。図9は、遅延線検波によるFM復調回路であって、92はFM復調回路、131はリミッター増幅部、132は遅延線、133はANDゲート、134はローパスフィルタである。

【0025】

FM復調回路92内では、入力された周波数変調光信号は、リミッター増幅部131で矩形波に整形される。リミッター増幅部131の出力は2分岐され、一方はANDゲート133の入力端子に入力され、他方は極性が反転された後、遅延線132により時間 τ だ

け遅延されてからANDゲート133の入力端子に入力される。このANDゲート133の出力がローパスフィルタ134により平滑されると周波数復調出力となる（例えば、非特許文献2参照。）。また、ANDゲートの代わりにORゲートも適用可能なことが知られている（例えば、特許文献3参照。）。

【0026】

このような多チャンネル映像信号の伝送には低ひずみが要求される。非特許文献2では、FM一括変換方式を用いた光信号送信機及び光信号伝送システムにおいては、CNR (Carrier-to-Noise Ratio) に対する仕様は42dB、CSO (Composite Second-Order Distortion) とCTB (Composite Triple Beat) に対する仕様は-54dBに設定されている。

【0027】

しかし、従来のFM復調回路では、遅延線検波に使用する遅延線132の両端のインピーダンス不整合によって、遅延線132が高周波では異なる遅延時間特性を有していた。つまり、高周波では位相歪みが生じていた。その結果、高周波位相ひずみによってCSO、CTBが劣化することになる。

【0028】

従来のFM一括変換方式を用いた光信号受信機ではCSOとCTBは、仕様値を満たしているものの仕様値をわずかに超えた値で飽和している。光信号受信機のFM復調回路をより低歪みで構成することができれば、伝送特性の向上が期待できる。

【特許文献1】特許2700622号公報

【特許文献2】特許3371355号公報

【特許文献3】特開2002-141750号公報

【非特許文献1】ITU-T標準J.185「Transmission Equipment for transferring multi-channel television signals over optical access networks by FM conversion」, ITU-T

【非特許文献2】柴田宣他著「FM一括変換方式を用いた光映像分配システム」電子情報通信学会論文誌B、Vol. J83-B、No. 7、pp. 948-959、2000年7月

【非特許文献3】鈴木他著「パルス化FM一括変換変調アナログ光CATV分配方式」電子情報通信学会秋季大会、B-603、1991

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0029】

従来のFM復調回路で使用している遅延線の高周波位相歪みを改善することは困難で、低ひずみ特性を実現することが難しかった。そこで、本発明では、低歪みなFM復調回路を使用した光信号受信機、光信号受信装置及び当該光信号受信機又は当該光信号受信装置を利用した光信号伝送システムを実現することを目的とする。

【0030】

さらに、従来の論理回路に代えて、光電変換回路でその出力を処理することによって回路構成を簡易にすることも目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0031】

このような目的を達成するために、本願発明は、入力する光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、該第一の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第一の識別回路と、該第二の光電変換回路からの電気信号の

レベルを閾値との大小比較により識別する第二の識別回路と、該第一の識別回路からの電気信号と該第二の識別回路からの電気信号との論理積を演算する論理積回路と、該論理積回路からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0032】

本願他の発明は、入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、該光増幅回路からの光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、該第一の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第一の識別回路と、該第二の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第二の識別回路と、該第一の識別回路からの電気信号と該第二の識別回路からの電気信号との論理積を演算する論理積回路と、該論理積回路からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0033】

本願他の発明は、入力する光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、該第一の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第一の識別回路と、該第二の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第二の識別回路と、該第一の識別回路からの電気信号と該第二の識別回路からの電気信号との論理和を演算する論理和回路と、該論理和回路からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0034】

本願他の発明は、入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、該光増幅回路からの光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、該第一の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第一の識別回路と、該第二の光電変換回路からの電気信号のレベルを閾値との大小比較により識別する第二の識別回路と、該第一の識別回路からの電気信号と該第二の識別回路からの電気信号との論理和を演算する論理和回路と、該論理和回路からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0035】

本願他の発明は、入力する光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、該第一の光電変換回路からの電気信号と該第二の光電変換回路からの電気信号とのうち小さい振幅の電気信号を選択して出力する小振幅選択回路と、該小振幅選択回路からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路と、該自動利得制御増幅回路からの電気信号を閾値との大小比較により識別する識別器と、該識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0036】

本願他の発明は、入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、該光増幅回路からの光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、該第一の光電変換回路からの電気信号と該第二の光電変換回路からの電気信号とのうち小さい振幅の電気信号を選択して出力する小振幅選択回路と、該小振幅選択回路からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路と、該自動利得制御増幅回路からの電気信号を閾値との大小比較により識別する識別器と、該識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を

備える光信号受信機である。

【0037】

本願他の発明は、入力する光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一のフォトダイオード、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二のフォトダイオード、及び抵抗を縦続接続し、該抵抗への負荷電圧を電気信号として出力する光電変換器と、該光電変換器からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路と、該自動利得制御増幅回路からの電気信号を閾値との大小比較により識別する識別器と、該識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0038】

本願他の発明は、入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、該光増幅回路からの光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一のフォトダイオード、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二のフォトダイオード、及び抵抗を縦続接続し、該抵抗への負荷電圧を電気信号として出力する光電変換器と、該光電変換器からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路と、該自動利得制御増幅回路からの電気信号を閾値との大小比較により識別する識別器と、該識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0039】

本願他の発明は、入力する光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、該第一の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第一のリミッター増幅回路と、該第二の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第二のリミッター増幅回路と、該第一のリミッター増幅回路からの電気信号と該第二のリミッター増幅回路からの電気信号とを加算する加算回路と、該第一の光電変換回路及び該第二の光電変換回路に光信号が入力したときのレベルと該第一の光電変換回路又は該第二の光電変換回路のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間の閾値で、該加算回路からの電気信号を大小比較により識別するハイレベル識別器と、該ハイレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0040】

本願他の発明は、入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、該光増幅回路からの光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、該第一の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第一のリミッター増幅回路と、該第二の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第二のリミッター増幅回路と、該第一のリミッター増幅回路からの電気信号と該第二のリミッター増幅回路からの電気信号とを加算する加算回路と、該第一の光電変換回路及び該第二の光電変換回路に光信号が入力したときのレベルと該第一の光電変換回路又は該第二の光電変換回路のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間の閾値で、該加算回路からの電気信号を大小比較により識別するハイレベル識別器と、該ハイレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0041】

本願他の発明は、入力する光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、該第一の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第一のリミッター増幅回路と、該第二の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第二のリミッター増幅回路と、該第一のリミッター増幅回路からの電気信号と該第二のリミッター増幅回路から

の電気信号とを加算する加算回路と、該第一の光電変換回路又は該第二の光電変換回路のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルと該第一の光電変換回路及び該第二の光電変換回路に光信号が入力しないときのレベルとの間の閾値で、該加算回路からの電気信号を大小比較により識別するローレベル識別器と、該ローレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0042】

本願他の発明は、入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、該光増幅回路からの光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一の光電変換回路と、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二の光電変換回路と、該第一の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第一のリミッター増幅回路と、該第二の光電変換回路からの電気信号をリミッター増幅する第二のリミッター増幅回路と、該第一のリミッター増幅回路からの電気信号と該第二のリミッター増幅回路からの電気信号とを加算する加算回路と、該第一の光電変換回路又は該第二の光電変換回路のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルと該第一の光電変換回路及び該第二の光電変換回路に光信号が入力しないときのレベルとの間の閾値で、該加算回路からの電気信号を大小比較により識別するローレベル識別器と、該ローレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0043】

本願他の発明は、入力する光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一のフォトダイオード、及び2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二のフォトダイオードを並列接続し、抵抗を共通の負荷とした光電変換器と、該光電変換器からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路と、該第一のフォトダイオード及び該第二のフォトダイオードに光信号が入力したときのレベルと該第一のフォトダイオード又は該第二のフォトダイオードのいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間の閾値で、該自動利得制御増幅回路からの電気信号を大小比較により識別するハイレベル識別器と、該ハイレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0044】

本願他の発明は、入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、該光増幅回路からの光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一のフォトダイオード、及び2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二のフォトダイオードを並列接続し、抵抗を共通の負荷とした光電変換器と、該光電変換器からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路と、該第一のフォトダイオード及び該第二のフォトダイオードに光信号が入力したときのレベルと該第一のフォトダイオード又は該第二のフォトダイオードのいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間の閾値で、該自動利得制御増幅回路からの電気信号を大小比較により識別するハイレベル識別器と、該ハイレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0045】

本願他の発明は、入力する光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一のフォトダイオード、及び2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二のフォトダイオードを並列接続し、抵抗を共通の負荷とした光電変換器と、該光電変換器からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路と、該第一のフォトダイオード又は該第二のフォトダイオードのいずれか一方に光信号が入力したときのレベルと該第一のフォトダイオード及び該第二のフォトダイオードに光信号が入力しないときのレベルとの間の閾値で、該自動利得制御増幅回路からの電気信号を大小比較により識別するローレベル識別器と、該ローレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備

える光信号受信機である。

【0046】

本願他の発明は、入力する光信号を光増幅する光増幅回路と、該光増幅回路からの光信号を2分岐する光分岐回路と、2分岐された光信号の一方を遅延させる光遅延線と、該光遅延線からの光信号を電気信号に変換する第一のフォトダイオード、及び2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する第二のフォトダイオードを並列接続し、抵抗を共通の負荷とした光電変換器と、該光電変換器からの電気信号を一定の振幅の電気信号に変換する自動利得制御増幅回路と、該第一のフォトダイオード又は該第二のフォトダイオードのいずれか一方に光信号が入力したときのレベルと該第一のフォトダイオード及び該第二のフォトダイオードに光信号が入力しないときのレベルとの間の閾値で、該自動利得制御増幅回路からの電気信号を大小比較により識別するローレベル識別器と、該ローレベル識別器からの電気信号を平滑化する平滑回路と、を備える光信号受信機である。

【0047】

本願他の発明は、入力する光信号をN個（Nは2以上の整数）に分岐する光分岐器と、該光分岐器からN個に分岐された光信号をそれぞれ入力とする本願発明のいずれかのN個の光信号受信機と、該N個の光信号受信機からのそれぞれの電気信号の位相を合わせて合成する同相合成器と、を備える光信号受信装置である。

【0048】

本願他の発明は、入力する光信号を光増幅する光増幅器と、該光増幅器からの光信号をN個（Nは2以上の整数）に分岐する光分岐器と、該光分岐器からN個に分岐された光信号をそれぞれ入力とする本願発明のいずれかのN個の光信号受信機と、該N個の光信号受信機からのそれぞれの電気信号の位相を合わせて合成する同相合成器と、を備える光信号受信装置である。

【0049】

本願他の発明は、FM一括変換回路を具備する光信号送信機と、一端が該光信号送信機に接続される光伝送路と、該光伝送路の他端に接続される本願発明の光信号受信機、又は本願発明の光信号受信装置のうちいずれかと、を備える光信号伝送システム。

【0050】

本願他の発明は、プリディストーション回路とFM一括変換回路とを具備する光信号送信機と、一端が該光信号送信機に接続される光伝送路と、該光伝送路の他端に接続される本願発明の光信号受信機、又は本願発明の光信号受信装置のうちいずれかと、を備える光信号伝送システムである。

【発明の効果】

【0051】

本発明の光信号受信機、光信号受信装置及び光信号伝送システムは、遅延線に光ファイバやプレーナ型光導波路などを利用した光遅延線を使用することにより、遅延線の高周波位相歪みが改善され、良好な伝送特性を得ることができる。

【0052】

また、光電変換回路やフォトダイオードの出力を処理することによって、回路構成を簡易にすることができる。

【0053】

さらに、低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0054】

（実施の形態1）

本実施の形態は、光遅延線を利用して遅延検波する光信号受信機である。本実施の形態を図10に示す。図10において、10は光信号受信機、11は光増幅回路、12は平滑回路、13は光分岐回路、15は光遅延線、17は第一の光電変換回路、19は第二の光電変換回路、21は第一の識別回路、23は第二の識別回路、25は論理積回路である。

【0055】

図10で本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する。図10の光信号受信機10は、周波数変調された光信号を受信して周波数復調する機能を有する。光信号受信機の各回路とその動作について説明する。光増幅回路11は入力する光信号を光増幅する。光増幅回路としては、半導体光増幅回路でも光ファイバ型増幅回路でもよい。後述する第一の光電変換回路17、又は第二の光電変換回路19へ入力する光信号の光電力が十分な場合は、光増幅回路11を省略して、光信号を直接、光分岐回路13に入力してもよい。

【0056】

光増幅回路11で増幅された光信号は光分岐回路13で2分岐される。光分岐回路13としては、光ファイバ結合型光分岐回路でもプレーナ型光分岐回路でもよい。分岐比は、後述する第一の光電変換回路17へ入力する光信号の光電力と第二の光電変換回路19へ入力する光信号の光電力とが等しくなるように調整されていることが好ましい。

【0057】

2分岐された光信号の一方は光遅延線15で遅延させられた後、第一の光電変換回路17に入力される。2分岐された光信号の他方は第二の光電変換回路19に入力される。光遅延線15としては、光ファイバでもプレーナ型光導波路でもよい。また、光遅延線15を光分岐回路13と一体に構成してもよい。第一の光電変換回路17、第二の光電変換回路19では、光信号を電気信号に変換し、さらに必要に応じて電気信号を増幅して、それぞれ第一の識別回路21、第二の識別回路23に出力する。第一の光電変換回路17、第二の光電変換回路19に適用する光電変換素子としては、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、やフォトトランジスタが可能である。本実施の形態の光遅延線では、電気回路での遅延線のような高周波での位相歪みがないため、高周波まで良好な周波数復調特性を得ることができる。

【0058】

第一の識別回路21、第二の識別回路23では周波数変調された電気信号をそれぞれ閾値との大小比較により振幅軸方向に識別し、矩形波の2値信号とする。入力する光信号がデューティ50%であれば、第一の識別回路21、第二の識別回路23はそれぞれリミッター増幅回路でもよい。

【0059】

第一の識別回路21、第二の識別回路23からの電気信号は、論理積回路25で論理積処理され、さらに、平滑回路12で平滑されることによって、周波数復調される。

図10における(M)、(N)、(P)、(Q)、(R)の各点における信号波形を図11に示す。図11の(M)、(N)、(P)、(Q)、(R)は図10の(M)、(N)、(P)、(Q)、(R)の各点における信号波形である。以下、光増幅回路11に入力される光信号は、瞬時周波数が $f = 1/T$ で、光遅延線15の遅延時間は τ として周波数復調動作を説明する。

【0060】

第一の光電変換回路17へ入力される光信号(図11(M))は、第二の光電変換回路19へ入力される光信号(図11(N))に比較して光遅延線15によって時間 τ だけ遅延されている。図11(M)、(N)における一点鎖線は、光電変換された後に第一の識別回路21と第二の識別回路23によって識別される際の閾値に相当する。光電変換された電気信号は、それぞれ、第一の識別回路21と第二の識別回路23によって、レベルが識別され、時間 τ の遅延を維持したまま矩形波になる(図11(P)、(Q))。2つの矩形波の電気信号は論理積回路25で論理積演算され、パルス幅として τ だけ細くなる(図11(R))。ここでは、正論理によって論理積演算されている。この論理積演算された電気信号が、平滑回路12によって平滑化される。

【0061】

平滑回路12の出力電圧 V_{out} は下記の式で表される。

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_o \times (T/2 - \tau) / T \\ &= V_o \times (1/2 - \tau/T) \end{aligned}$$

$$=V_o \times (1/2 - \tau \cdot f) \quad (10)$$

(10) 式より、図12に示すような周波数復調特性を得ることができる。図12は、横軸は周波数 f 、縦軸は平滑回路出力電圧 V_{out} である。このように、入力する光信号の周波数に対して平滑回路出力電圧が線形に減衰していることから、本光信号受信機では周波数復調機能を実現することができる。なお、 τ は大きい程、出力電圧の周波数感度は高くなるが、(10) 式より、 $1/(2f)$ より大きくすることはできない。

【0062】

以上説明したように、本実施の形態の光信号受信機は周波数変調された光信号を光受信して、周波数復調機能を実現することができる。また、光遅延線は高周波での位相歪みがないことから高周波まで良好な周波数復調特性を実現することができる。なお、図10を用いて本実施の形態を説明したが、光信号受信機が十分な光電力で光信号を受信する場合は、図10における光増幅回路11を省略することができる。

【0063】

(実施の形態2)

本実施の形態は、光遅延線を利用して遅延検波する光信号受信機である。本実施の形態を図13に示す。図13において、10は光信号受信機、11は光増幅回路、12は平滑回路、13は光分岐回路、15は光遅延線、17は第一の光電変換回路、19は第二の光電変換回路、21は第一の識別回路、23は第二の識別回路、27は論理和回路である。

【0064】

図13で本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する。図13の光信号受信機10は、周波数変調された光信号を受信して周波数復調する機能を有する。光信号受信機の各回路とその動作について説明する。光増幅回路11は入力する光信号を光増幅する。光増幅回路としては、半導体光増幅回路でも光ファイバ型増幅回路でもよい。後述する第一の光電変換回路17、又は第二の光電変換回路19へ入力する光信号の光電力が十分な場合は、光増幅回路11を省略して、光信号を直接、光分岐回路13に入力してもよい。

【0065】

光増幅回路11で増幅された光信号は光分岐回路13で2分岐される。光分岐回路13としては、光ファイバ結合型光分岐回路でもプレーナ型光分岐回路でもよい。分岐比は、後述する第一の光電変換回路17へ入力する光信号の光電力と第二の光電変換回路19へ入力する光信号の光電力とが等しくなるように調整されていることが好ましい。

【0066】

2分岐された光信号の一方は光遅延線15で遅延させられた後、第一の光電変換回路17に入力される。2分岐された光信号の他方は第二の光電変換回路19に入力される。光遅延線15としては、光ファイバでもプレーナ型光導波路でもよい。また、光遅延線15を光分岐回路13と一体に構成してもよい。第一の光電変換回路17、第二の光電変換回路19では、光信号を電気信号に変換し、さらに必要に応じて電気信号を増幅して、それぞれ第一の識別回路21、第二の識別回路23に出力する。第一の光電変換回路17、第二の光電変換回路19に適用する光電変換素子としては、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、やフォトトランジスタが可能である。本実施の形態の光遅延線では、電気回路での遅延線のような高周波での位相歪みがないため、高周波まで良好な周波数復調特性を得ることができる。

【0067】

第一の識別回路21、第二の識別回路23では周波数変調された電気信号をそれぞれ閾値との大小比較により振幅軸方向に識別し、矩形波の2値信号とする。入力する光信号がデューティ50%であれば、第一の識別回路21、第二の識別回路23はそれぞれリミッター増幅回路でもよい。

【0068】

第一の識別回路21、第二の識別回路23からの電気信号は、論理和回路27で論理和処理され、さらに、平滑回路12で平滑されることによって、周波数復調される。

図13における(M)、(N)、(P)、(Q)、(S)の各点における信号波形を図

14に示す。図14の(M)、(N)、(P)、(Q)、(S)は図13の(M)、(N)、(P)、(Q)、(S)の各点における信号波形である。以下、光増幅回路11に入力される光信号は、瞬時周波数が $f = 1/T$ で、光遅延線15の遅延時間は τ として周波数復調動作を説明する。

【0069】

第一の光電変換回路17へ入力される光信号(図14(M))は、第二の光電変換回路19へ入力される光信号(図14(N))に比較して光遅延線15によって時間 τ だけ遅延されている。図14(M)、(N)における一点鎖線は、光電変換された後に第一の識別回路21と第二の識別回路23によって識別される際の閾値に相当する。光電変換された電気信号は、それぞれ、第一の識別回路21と第二の識別回路23によって、レベルが識別され、時間 τ の遅延を維持したまま矩形波になる(図14(P)、(Q))。2つの矩形波の電気信号は論理和回路27で論理和演算され、パルス幅として τ だけ広くなる(図14(S))。ここでは、正論理によって論理和演算されている。この論理和演算された電気信号が、平滑回路12によって平滑化される。

【0070】

平滑回路12の出力電圧 V_{out} は下記の式で表される。

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_o \times (T/2 + \tau) / T \\ &= V_o \times (1/2 + \tau/T) \\ &= V_o \times (1/2 + \tau \cdot f) \end{aligned} \quad (11)$$

(11)式より、図15に示すような周波数復調特性を得ることができる。図15は、横軸は周波数 f 、縦軸は平滑回路出力電圧 V_{out} である。このように、入力する光信号の周波数に対して平滑回路出力電圧が線形に増加していることから、本光信号受信機では周波数復調機能を実現することができる。

【0071】

以上説明したように、本実施の形態の光信号受信機は周波数変調された光信号を光受信して、周波数復調機能を実現することができる。また、光遅延線は高周波での位相歪みがないことから高周波まで良好な周波数復調特性を実現することができる。なお、図13を用いて本実施の形態を説明したが、光信号受信機が十分な光電力で光信号を受信する場合は、図13における光増幅回路11を省略することができる。

【0072】

(実施の形態3)

本実施の形態は、光遅延線を利用して遅延検波する光信号受信機である。本実施の形態を図16に示す。図16において、10は光信号受信機、11は光増幅回路、12は平滑回路、13は光分岐回路、15は光遅延線、30は光電変換器、31は第一のフォトダイオード、32は第二のフォトダイオード、33は抵抗、34は自動利得制御増幅回路、35は識別器である。第一のフォトダイオード31、第二のフォトダイオード32、及び抵抗33を含んで光電変換器30を構成する。

【0073】

図16で本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する。図16の光信号受信機10は、周波数変調された光信号を受信して周波数復調する機能を有する。光信号受信機の各回路とその動作について説明する。光増幅回路11は入力する光信号を光増幅する。光増幅回路としては、半導体光増幅回路でも光ファイバ型増幅回路でもよい。後述する第一のフォトダイオード31、又は第二のフォトダイオード32へ入力する光信号の光電力が十分な場合は、光増幅回路11を省略して、光信号を直接、光分岐回路13に入力してもよい。

【0074】

光増幅回路11で増幅された光信号は光分岐回路13で2分岐される。光分岐回路13としては、光ファイバ結合型光分岐回路でもプレーナ型光分岐回路でもよい。分岐比は、後述する第一のフォトダイオード31へ入力する光信号の光電力と第二のフォトダイオード32へ入力する光信号の光電力とが等しくなるように調整されていることが好ましい。

【0075】

2分岐された光信号の一方は光遅延線15で遅延させられた後、第一のフォトダイオード31に入力される。2分岐された光信号の他方は第二のフォトダイオード32に入力される。光遅延線15としては、光ファイバでもプレーナ型光導波路でもよい。また、光遅延線15を光分岐回路13と一体に構成してもよい。第一のフォトダイオード31、第二のフォトダイオード32では、光信号を電気信号に変換する。第一のフォトダイオード31、第二のフォトダイオード32は、アバランシェフォトダイオードで置き換えることが可能である。ここで、フォトダイオードは電流素子であり、フォトダイオードに入力された光電力に応じた電流しか流れない。従って、抵抗33に流れる電流は、第一のフォトダイオード31と第二のフォトダイオード32との入力する光信号のうち小さい振幅の光信号に対応する電流となる。光電変換器30は、第一のフォトダイオード31からの電気信号と第二のフォトダイオード32からの電気信号のうち小さい振幅の電気信号を選択して出力する機能を持つことになる。

【0076】

換言すると、第一のフォトダイオード、第二のフォトダイオード、及び抵抗を縦続接続し、当該抵抗への負荷電圧を電気信号として出力する光電変換器は、第一の光電変換回路、第二の光電変換回路、及び当該第一の光電変換回路からの電気信号と当該第二の光電変換回路からの電気信号のうち小さい振幅の電気信号を選択して出力する小振幅選択回路とからなる光電変換器ということができる。

【0077】

抵抗33への負荷電圧は自動利得制御増幅回路34で一定の振幅の電気信号に変換され、識別器35では周波数変調された電気信号がそれぞれ閾値との大小比較により振幅軸方向に識別され、矩形波の2値信号となる。識別器35からの電気信号は、平滑回路12で平滑されることによって、周波数復調される。

【0078】

図16における(M)、(N)、(U)、(V)の各点における信号波形を図17に示す。図17の(M)、(N)、(U)、(V)は図16の(M)、(N)、(U)、(V)の各点における信号波形である。以下、光増幅回路11に入力される光信号は、瞬時周波数が $f = 1/T$ で、光遅延線15の遅延時間は τ として周波数復調動作を説明する。

【0079】

第一のフォトダイオード31へ入力される光信号(図17(M))は、第二のフォトダイオード32へ入力される光信号(図17(N))に比較して光遅延線15によって時間 τ だけ遅延されている。抵抗33への負荷電圧は、第一のフォトダイオード31と第二のフォトダイオード32との入力する光信号のうち小さい振幅の光信号に対応する電流によって発生する。これを自動利得制御増幅回路34で一定の振幅の電気信号に変換する(図17(U))。図17(U)における一点鎖線は、識別器35の閾値である。光電変換された電気信号は、識別器35によって、レベルが識別され、デューティ50%のパルスに比較してパルス幅として τ だけ細くなる(図17(V))。この電気信号が、平滑回路12によって平滑化される。

【0080】

平滑回路12の出力電圧 V_{out} は下記の式で表される。

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_o \times (T/2 - \tau) / T \\ &= V_o \times (1/2 - \tau/T) \\ &= V_o \times (1/2 - \tau \cdot f) \end{aligned} \quad (12)$$

(12)式より、図12に示すような周波数復調特性を得ることができる。このように、入力する光信号の周波数に対して平滑回路出力電圧が線形に減衰していることから、本光信号受信機では周波数復調機能を実現することができる。

【0081】

以上説明したように、本実施の形態の光信号受信機は周波数変調された光信号を光受信して、周波数復調機能を実現することができる。また、光遅延線は高周波での位相歪みが

ないことから高周波まで良好な周波数復調特性を実現することができる。さらに、2つのフォトダイオードと抵抗を組み合わせて、信号処理するため部品点数を削減することができる。なお、図16を用いて本実施の形態を説明したが、光信号受信機が十分な光電力で光信号を受信する場合は、図16における光増幅回路11を省略することができる。

【0082】

(実施の形態4)

本実施の形態は、光遅延線を利用して遅延検波する光信号受信機である。本実施の形態を図18に示す。図18において、10は光信号受信機、11は光増幅回路、12は平滑回路、13は光分岐回路、15は光遅延線、17は第一の光電変換回路、19は第二の光電変換回路、41は第一のリミッター増幅回路、42は第二のリミッター増幅回路、43は加算回路、44はハイレベル識別器である。

【0083】

図18で本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する。図18の光信号受信機10は、周波数変調された光信号を受信して周波数復調する機能を有する。光信号受信機の各回路とその動作について説明する。光増幅回路11は入力する光信号を光増幅する。光増幅回路としては、半導体光増幅回路でも光ファイバ型増幅回路でもよい。後述する第一の光電変換回路17、又は第二の光電変換回路19へ入力する光信号の光電力が十分な場合は、光増幅回路11を省略して、光信号を直接、光分岐回路13に入力してもよい。

【0084】

光増幅回路11で増幅された光信号は光分岐回路13で2分岐される。光分岐回路13としては、光ファイバ結合型光分岐回路でもプレーナ型光分岐回路でもよい。分岐比は、後述する第一の光電変換回路17へ入力する光信号の光電力と第二の光電変換回路19へ入力する光信号の光電力とが等しくなるように調整されていることが好ましい。

【0085】

2分岐された光信号の一方は光遅延線15で遅延させられた後、第一の光電変換回路17に入力される。2分岐された光信号の他方は第二の光電変換回路19に入力される。光遅延線15としては、光ファイバでもプレーナ型光導波路でもよい。また、光遅延線15を光分岐回路13と一体に構成してもよい。第一の光電変換回路17、第二の光電変換回路19では、光信号を電気信号に変換し、さらに必要に応じて電気信号を増幅して、それぞれ第一のリミッター増幅回路41、第二のリミッター増幅回路42に出力する。第一の光電変換回路17、第二の光電変換回路19に適用する光電変換素子としては、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、やフォトトランジスタが可能である。本実施の形態の光遅延線では、電気回路での遅延線のような高周波での位相歪みがないため、高周波まで良好な周波数復調特性を得ることができる。

【0086】

第一のリミッター増幅回路41、第二のリミッター増幅回路42では周波数変調された電気信号をそれぞれ振幅軸方向にリミッター増幅し、矩形波の2値信号とする。第一のリミッター増幅回路41、第二のリミッター増幅回路42に代えて、それぞれ所定の振幅に増幅する自動利得制御増幅回路でもよい。

【0087】

第一のリミッター増幅回路41、第二のリミッター増幅回路42からの電気信号は、加算回路43で加算され、3値信号になる。3値信号となった電気信号は、ハイレベル識別器44で第一の光電変換回路17及び第二の光電変換回路19に光信号が入力したときのレベルと、第一の光電変換回路17又は第二の光電変換回路19のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間の閾値で大小比較により振幅軸方向に識別される。ハイレベル識別器44で再び2値信号となった電気信号は、平滑回路12で平滑されることによって、周波数復調される。

【0088】

図18における(M)、(N)、(P)、(Q)、(T)、(U)の各点における信号波形を図19に示す。図19の(M)、(N)、(P)、(Q)、(T)、(U)は図1

8の(M)、(N)、(P)、(Q)、(T)、(U)の各点における信号波形である。以下、光増幅回路11に入力される光信号は、瞬時周波数が $f = 1/T$ で、光遅延線15の遅延時間は τ として周波数復調動作を説明する。

【0089】

第一の光電変換回路17へ入力される光信号(図19(M))は、第二の光電変換回路19へ入力される光信号(図19(N))に比較して光遅延線15によって時間 τ だけ遅延されている。図19(M)、(N)における一点鎖線は、光電変換された後に第一のリミッター増幅回路41、第二のリミッター増幅回路42によってリミッター増幅される際の閾値に相当する。光電変換された電気信号は、それぞれ、第一のリミッター増幅回路41、第二のリミッター増幅回路42によって、リミッター増幅され、時間 τ の遅延を維持したまま矩形波になる(図19(P)、(Q))。2つの矩形波の電気信号は加算回路43で加算され、3値信号になる(図19(T))。3値信号をハイレベル識別器で閾値との大小比較により振幅軸方向に識別する(図19(U))。識別する閾値は、第一の光電変換回路17及び該第二の光電変換回路19に光信号が入力したときのレベルと、第一の光電変換回路17又は第二の光電変換回路19のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間である。図19(T)における一点鎖線は閾値を表す。ハイレベル識別器で2値信号となった電気信号(図19(U))は、平滑回路12によって平滑化される。

【0090】

平滑回路12の出力電圧 V_{out} は下記の式で表される。

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_o \times (T/2 - \tau) / T \\ &= V_o \times (1/2 - \tau / T) \\ &= V_o \times (1/2 - \tau \cdot f) \end{aligned} \quad (13)$$

(13)式より、図12に示すような周波数復調特性を得ることができる。このように、入力する光信号の周波数に対して平滑回路出力電圧が線形に減衰していることから、本光信号受信機では周波数復調機能を実現することができる。なお、 τ は大きい程、出力電圧の周波数感度は高くなるが、(13)式より、 $1/(2f)$ より大きくすることはできない。

【0091】

以上説明したように、本実施の形態の光信号受信機は周波数変調された光信号を光受信して、周波数復調機能を実現することができる。また、光遅延線は高周波での位相歪みがないことから高周波まで良好な周波数復調特性を実現することができる。なお、図18を用いて本実施の形態を説明したが、光信号受信機が十分な光電力で光信号を受信する場合は、図18における光増幅回路11を省略することができる。

【0092】

(実施の形態5)

本実施の形態は、光遅延線を利用して遅延検波する光信号受信機である。本実施の形態を図20に示す。図20において、10は光信号受信機、11は光増幅回路、12は平滑回路、13は光分岐回路、15は光遅延線、17は第一の光電変換回路、19は第二の光電変換回路、41は第一のリミッター増幅回路、42は第二のリミッター増幅回路、43は加算回路、45はローレベル識別器である。実施の形態4で説明した図18との違いは、図18のハイレベル識別器44に代えて、ローレベル識別器45とした点である。

【0093】

実施の形態4との構成上の違いは、ハイレベル識別器44とローレベル識別器45との差であるため、その差について言及する。ハイレベル識別器44の閾値が、第一の光電変換回路17及び該第二の光電変換回路19に光信号が入力したときのレベルと、第一の光電変換回路17又は第二の光電変換回路19のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間であったのに対し、ローレベル識別器45の閾値は、第一の光電変換回路17又は第二の光電変換回路19のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルと、第一の光電変換回路17及び第二の光電変換回路19に光信号が入力しないときのレベルとの間であることである。

【0094】

図20における(M)、(N)、(P)、(Q)、(T)、(U)の各点における信号波形を図21に示す。図21の(M)、(N)、(P)、(Q)、(T)、(U)は図20の(M)、(N)、(P)、(Q)、(T)、(U)の各点における信号波形である。以下、光増幅回路11に入力される光信号は、瞬时周波数が $f = 1/T$ で、光遅延線15の遅延時間は τ として周波数復調動作を説明する。

【0095】

実施の形態4との動作上の違いは、識別する閾値である。図21(T)における一点鎖線は閾値を表す。この閾値は、第一の光電変換回路17又は第二の光電変換回路19のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルと、第一の光電変換回路17及び第二の光電変換回路19に光信号が入力しないときのレベルとの間である。その結果、平滑回路12によって平滑化された出力電圧 V_{out} は下記の式で表される。

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_o \times (T/2 + \tau) / T \\ &= V_o \times (1/2 + \tau/T) \\ &= V_o \times (1/2 + \tau \cdot f) \end{aligned} \quad (14)$$

(14)式より、図15に示すような周波数復調特性を得ることができる。このように、入力する光信号の周波数に対して平滑回路出力電圧が線形に増加していることから、本光信号受信機では周波数復調機能を実現することができる。

【0096】

以上説明したように、本実施の形態の光信号受信機は周波数変調された光信号を光受信して、周波数復調機能を実現することができる。また、光遅延線は高周波での位相歪みがないことから高周波まで良好な周波数復調特性を実現することができる。なお、図20を用いて本実施の形態を説明したが、光信号受信機が十分な光電力で光信号を受信する場合は、図20における光増幅回路11を省略することができる。

【0097】

(実施の形態6)

本実施の形態は、光遅延線を利用して遅延検波する光信号受信機である。本実施の形態を図22に示す。図22において、10は光信号受信機、11は光増幅回路、12は平滑回路、13は光分岐回路、15は光遅延線、50は光電変換器、51は第一のフォトダイオード、52は第二のフォトダイオード、53は抵抗、54は自動利得制御増幅回路、55はハイレベル識別器である。第一のフォトダイオード51、第二のフォトダイオード52、及び抵抗53を含んで光電変換器50を構成する。

【0098】

図22で本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する。図22の光信号受信機10は、周波数変調された光信号を受信して周波数復調する機能を有する。光信号受信機の各回路とその動作について説明する。光増幅回路11は入力する光信号を光増幅する。光増幅回路としては、半導体光増幅回路でも光ファイバ型増幅回路でもよい。後述する第一のフォトダイオード51、又は第二のフォトダイオード52へ入力する光信号の光電力が十分な場合は、光増幅回路11を省略して、光信号を直接、光分岐回路13に入力してもよい。

【0099】

光増幅回路11で増幅された光信号は光分岐回路13で2分岐される。光分岐回路13としては、光ファイバ結合型光分岐回路でもプレーナ型光分岐回路でもよい。分岐比は、後述する第一のフォトダイオード51へ入力する光信号の光電力と第二のフォトダイオード52へ入力する光信号の光電力とが等しくなるように調整されていることが好ましい。

【0100】

2分岐された光信号の一方は光遅延線15で遅延させられた後、第一のフォトダイオード51に入力される。2分岐された光信号の他方は第二のフォトダイオード52に入力される。光遅延線15としては、光ファイバでもプレーナ型光導波路でもよい。また、光遅延線15を光分岐回路13と一体に構成してもよい。第一のフォトダイオード51、第二

のフォトダイオード 5 2 は光信号を電気信号に変換し、抵抗 5 3 に信号電流を供給する。抵抗 5 3 には、第一のフォトダイオード 5 1 及び第二のフォトダイオード 5 2 からの信号電流が加算されて供給されることになる。従って、抵抗 5 3 から出力する電気信号は、加算された振幅値になる。第一のフォトダイオード 5 1、第二のフォトダイオード 5 2 に代えてアバランシェフォトダイオードも適用可能である。本実施の形態の光遅延線では、電気回路での遅延線のような高周波での位相歪みがないため、高周波まで良好な周波数復調特性を得ることができる。

【0101】

抵抗 5 3 での電圧を自動利得制御増幅回路 5 4 で所定の振幅に増幅する。加算された振幅値となった電気信号は、ハイレベル識別器 5 5 で第一のフォトダイオード 5 1 及び第二のフォトダイオード 5 2 に光信号が入力したときのレベルと、第一のフォトダイオード 5 1 又は第二のフォトダイオード 5 2 のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間の閾値で大小比較により振幅軸方向に識別される。ハイレベル識別器 5 5 で 2 値信号となった電気信号は、平滑回路 1 2 で平滑されることによって、周波数復調される。

【0102】

図 2 2 における (M)、(N)、(T)、(U) の各点における信号波形を図 2 3 に示す。図 2 3 の (M)、(N)、(T)、(U) は図 2 2 の (M)、(N)、(T)、(U) の各点における信号波形である。以下、光増幅回路 1 1 に入力される光信号は、瞬時周波数が $f = 1/T$ で、光遅延線 1 5 の遅延時間は τ として周波数復調動作を説明する。

【0103】

第一のフォトダイオード 5 1 へ入力される光信号 (図 2 3 (M)) は、第二のフォトダイオード 5 2 へ入力される光信号 (図 2 3 (N)) に比較して光遅延線 1 5 によって時間 τ だけ遅延されている。第一のフォトダイオード 5 1 と第二のフォトダイオード 5 2 からの電気信号は抵抗 5 3 で加算される (図 2 3 (T))。加算された振幅値の信号をハイレベル識別器で閾値との大小比較により振幅軸方向に識別する (図 2 3 (U))。識別する閾値は、第一のフォトダイオード 5 1 及び第二のフォトダイオード 5 2 に光信号が入力したときのレベルと、第一のフォトダイオード 5 1 又は第二のフォトダイオード 5 2 のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間である。図 2 3 (T) における一点鎖線は閾値を表す。ハイレベル識別器で 2 値信号となった電気信号 (図 2 3 (U)) は、平滑回路 1 2 によって平滑化される。

【0104】

平滑回路 1 2 の出力電圧 V_{out} は下記の式で表される。

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_o \times (T/2 - \tau) / T \\ &= V_o \times (1/2 - \tau/T) \\ &= V_o \times (1/2 - \tau \cdot f) \end{aligned} \quad (15)$$

(15) 式より、図 1 2 に示すような周波数復調特性を得ることができる。このように、入力する光信号の周波数に対して平滑回路出力電圧が線形に減衰していることから、本光信号受信機では周波数復調機能を実現することができる。なお、 τ は大きい程、出力電圧の周波数感度は高くなるが、(15) 式より、 $1/(2f)$ より大きくすることはできない。

【0105】

以上説明したように、本実施の形態の光信号受信機は周波数変調された光信号を光受信して、周波数復調機能を実現することができる。また、光遅延線は高周波での位相歪みがないことから高周波まで良好な周波数復調特性を実現することができる。なお、図 2 2 を用いて本実施の形態を説明したが、光信号受信機が十分な光電力で光信号を受信する場合は、図 2 2 における光増幅回路 1 1 を省略することができる。

【0106】

(実施の形態 7)

本実施の形態は、光遅延線を利用して遅延検波する光信号受信機である。本実施の形態を図 2 4 に示す。図 2 4 において、10 は光信号受信機、11 は光増幅回路、12 は平滑

回路、13は光分岐回路、15は光遅延線、50は光電変換器、51は第一のフォトダイオード、52は第二のフォトダイオード、53は抵抗、54は自動利得制御増幅回路、56はローレベル識別器である。第一のフォトダイオード51、第二のフォトダイオード52、及び抵抗53を含んで光電変換器50を構成する。実施の形態6で説明した図22との違いは、図22のハイレベル識別器55に代えて、ローレベル識別器56とした点である。

【0107】

実施の形態6との構成上の違いは、ハイレベル識別器55とローレベル識別器56との差であるため、その差について言及する。ハイレベル識別器55の閾値が、第一のフォトダイオード51及び該第二のフォトダイオード52に光信号が入力したときのレベルと、第一のフォトダイオード51又は第二のフォトダイオード52のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルとの間であったのに対し、ローレベル識別器56の閾値は、第一のフォトダイオード51又は第二のフォトダイオード52のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルと、第一のフォトダイオード51及び第二のフォトダイオード52に光信号が入力しないときのレベルとの間であることである。

【0108】

図24における(M)、(N)、(T)、(U)の各点における信号波形を図25に示す。図25の(M)、(N)、(T)、(U)は図24の(M)、(N)、(T)、(U)の各点における信号波形である。以下、光増幅回路11に入力される光信号は、瞬時周波数が $f = 1/T$ で、光遅延線15の遅延時間は τ として周波数復調動作を説明する。

【0109】

実施の形態6との動作上の違いは、識別する閾値である。図25(T)における一点鎖線は閾値を表す。この閾値は、第一のフォトダイオード51又は第二のフォトダイオード52のいずれか一方に光信号が入力したときのレベルと、第一のフォトダイオード51及び第二のフォトダイオード52に光信号が入力しないときのレベルとの間である。その結果、平滑回路12によって平滑化された出力電圧 V_{out} は下記の式で表される。

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_o \times (T/2 + \tau) / T \\ &= V_o \times (1/2 + \tau / T) \\ &= V_o \times (1/2 + \tau \cdot f) \end{aligned} \quad (16)$$

(16)式より、図15に示すような周波数復調特性を得ることができる。このように、入力する光信号の周波数に対して平滑回路出力電圧が線形に増加していることから、本光信号受信機では周波数復調機能を実現することができる。

【0110】

以上説明したように、本実施の形態の光信号受信機は周波数変調された光信号を光受信して、周波数復調機能を実現することができる。また、光遅延線は高周波での位相歪みがないことから高周波まで良好な周波数復調特性を実現することができる。なお、図24を用いて本実施の形態を説明したが、光信号受信機が十分な光電力で光信号を受信する場合は、図24における光増幅回路11を省略することができる。

【0111】

(実施の形態8)

本実施の形態は、信号と雑音の相加則の違いを利用して雑音特性を向上する光信号受信装置である。本実施の形態を図26に示す。図26において、10-1、10-2、10-3はそれぞれ実施の形態1から7までのいずれかの光信号受信機、20は光信号受信装置、61は光増幅器、63は光分岐器、65は同相合成器である。

【0112】

図26で本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する。図26の光信号受信装置20は、周波数変調された光信号を受信して周波数復調する機能を有する。光信号受信装置20の各回路とその動作について説明する。光増幅器61は入力する光信号を増幅して出力する。後述する光信号受信機へ入力する光信号の光電力が十分な場合は、光増幅器61を省略して、光信号を直接、光分岐器63に入力してもよい。

【0113】

光分岐器 6 3 では、入力された光信号を 3 分岐する。図 2 6 では、3 分岐の例を示しているが、2 以上の整数である N 分岐してもよい。この場合は、N 分岐した光信号を N 個の光信号受信機に入力することになる。光信号受信機 1 0 - 1、1 0 - 2、1 0 - 3 では、それぞれ周波数復調される。

【0114】

同相合成器 6 5 では、これらの周波数復調された電気信号を同相で合成する。光信号受信機 1 0 - 1、1 0 - 2、1 0 - 3 からの電気信号の位相が一致するように設定すれば、同相合成器 6 5 により合成された電気信号は、信号成分は電圧加算となるが、雑音成分は電力加算となる。

【0115】

3 個の光信号受信機からの電気信号の信号成分をそれぞれ、 V_{s1} 、 V_{s2} 、 V_{s3} とし、これらが等しく、 $V_{s1} = V_{s2} = V_{s3} = V_s$ とすると、同相合成器 6 5 の出力する電気信号の信号成分の電圧総和 V_{st} は、
$$V_{st} = V_{s1} + V_{s2} + V_{s3} = 3 \times V_s \quad (17)$$
 となる。

【0116】

同相合成器 6 5 の出力インピーダンスを R とすれば、同相合成器 6 5 に 3 個の光信号受信機のうち 1 個からだけ入力すると、同相合成器 6 5 の出力する電気信号の信号成分の電力 P_{s1} は、
$$P_{s1} = (V_s)^2 / R \quad (18)$$
 となる。

【0117】

同相合成器 6 5 に 3 個の光信号受信機から入力すると、同相合成器 6 5 の出力する電気信号の信号成分の電力 P_{st} は、
$$P_{st} = (V_{st})^2 / R = (3 \times V_s)^2 / R = 9 \times (V_s)^2 / R \quad (19)$$
 となる。

【0118】

一方、3 個の光信号受信機からの出力の雑音成分の電力をそれぞれ、 P_{n1} 、 P_{n2} 、 P_{n3} とし、これらが等しく、 $P_{n1} = P_{n2} = P_{n3} = P_n$ とすると、同相合成器 6 5 の出力する電気信号の雑音成分の総和 P_{nt} は、
$$P_{nt} = P_{n1} + P_{n2} + P_{n3} = 3 \times P_n \quad (20)$$
 となる。

【0119】

同相合成器 6 5 に、3 個の光信号受信機のうち 1 個からだけ入力すると、同相合成器 6 5 の出力する電気信号の雑音成分 P_{n1} の電力は、
$$P_{n1} = P_n \quad (21)$$
 となる。

【0120】

これらのことから、3 個の光信号受信機からの電気信号を同相合成することにより、1 個の光信号受信機からの電気信号のときと比較して、信号成分の電力比 $20 \times \log(3)$ [dB] となるが、雑音成分の電力比は $10 \times \log(3)$ [dB] となるため、同相合成器 6 5 の出力における信号電力対雑音電力比は $10 \times \log(3)$ [dB] だけ改善されることが分かる。

【0121】

なお、本実施の形態では、 $N = 3$ の場合、即ち、3 個の光信号受信機から出力する電気信号の場合について説明したが、光信号受信機から出力する電気信号が N 個 (N は 2 以上の整数) の場合には、1 個の光信号受信機から出力する電気信号の場合に比較して、 $10 \times \log(N)$ [dB] だけ、信号電力対雑音電力比が改善できる。

【0122】

また、歪みについては、N個の光信号受信機から出力する電気信号の歪み特性が逆向きに歪んでいれば、同相合成により、互いに相殺されるので、1個の光信号受信機の場合に比較して、低歪み化を達成できる。

【0123】

(実施の形態9)

本実施の形態は、実施の形態1から8に記載の光信号受信機、又は光信号受信装置のうちいずれかを利用する光信号伝送システムである。図1を使用して本実施の形態を説明する。本実施の形態では、図1に示す光信号送信機80と実施の形態1から8に記載の光信号受信機、又は光信号受信装置とを光ファイバ伝送路85を介して接続する。

【0124】

光信号送信機80のFM一括変換回路81に周波数分割多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号を入力し、周波数変調する。周波数変調された電気信号を光源82で強度変調して光信号に変換する。この光信号を光増幅回路83で光増幅して光伝送路85に出力する。光伝送路85を介して、実施の形態1から8に記載の光信号受信機、又は光信号受信装置のうちいずれかで光信号を受信して周波数復調する。

【0125】

光源82で強度変調する際に、FM一括変換回路81の出力をそのまま強度変調してもよく、FM一括変換回路81の出力をパルス化してから強度変調してもよい。パルス化してから強度変調する場合の光送信機の構成を図27に示す。図27において、80は光信号送信機、81はFM一括変換回路、82は光源、83は光増幅回路、85は光伝送路、88はリミッター回路である。

【0126】

周波数分割多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号を光信号送信機80のFM一括変換回路81で周波数変調する。周波数変調で得られた電気信号をリミッター回路88で、入力レベルが閾値以上か以下かを識別してリミッター動作させることにより矩形波に波形整形してパルス化することができる。図27に示す光信号送信機の各点における信号波形を図28に示す。図28の(D)、(E)は図27の(D)、(E)の各点における信号波形である。図28(D)の一点鎖線はリミッター回路の閾値である。図28(D)の周波数変調された電気信号をリミッター回路の閾値でリミッター動作すると矩形波に波形整形される。このパルス化されたFM信号を光源82で強度変調しても、光信号受信機又は光信号受信装置では周波数復調することができる。

【0127】

また、図7に示すような、プリディストーション回路86を備える光信号送信機80を利用すると、光信号送信機、光信号受信機、光信号受信装置で発生する歪みを低減することができる。即ち、光伝送路を介して図7の光信号送信機80と実施の形態1から8に記載の光信号受信機、又は光信号受信装置のうちいずれかを接続すると、歪みの少ない映像信号の伝送が可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0128】

本発明の光信号受信機及び光信号受信装置は、映像信号のみならず各種の信号を周波数変調して送受信する光信号伝送システムに適用することができる。本光信号伝送システムは光伝送路の網形態がシングルスター(SS:Single Star)形式のトポロジである場合のみならず、パッシブダブルスター(PDS:Passive Double Star)形式のトポロジである場合にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0129】

【図1】FM一括変換方式を用いた従来の光信号受信機及び光信号伝送システムの構成を説明する図である

【図2】光信号受信機及び光信号伝送システムにおける信号形式を説明する図である

。

【図3】光周波数変調部と光周波数局部発振部を用いたFM一括変換回路の構成を説明する図である。

【図4】2つの光周波数変調部をプッシュプル構成に用いたFM一括変換回路を説明する図である。

【図5】電圧制御発振素子を用いたFM一括変換回路の構成を説明する図である。

【図6】2つの電圧制御発振素子をプッシュプル構成に用いたFM一括変換回路の構成を説明する図である。

【図7】プリディストーション回路をFM一括変換回路の歪み補償に適用するブロック図である。

【図8】プリディストーション回路の構成例を説明する図である。

【図9】光信号受信機に適用できるFM復調回路の構成を説明する図である。

【図10】本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する図である。

【図11】光信号受信機の各点における信号波形を説明する図である。

【図12】光信号受信機の周波数復調特性を説明する図である。

【図13】本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する図である。

【図14】光信号受信機の各点における信号波形を説明する図である。

【図15】光信号受信機の周波数復調特性を説明する図である。

【図16】本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する図である。

【図17】光信号受信機の各点における信号波形を説明する図である。

【図18】本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する図である。

【図19】光信号受信機の各点における信号波形を説明する図である。

【図20】本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する図である。

【図21】光信号受信機の各点における信号波形を説明する図である。

【図22】本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する図である。

【図23】光信号受信機の各点における信号波形を説明する図である。

【図24】本実施の形態の光信号受信機の構成を説明する図である。

【図25】光信号受信機の各点における信号波形を説明する図である。

【図26】本実施の形態の光信号受信装置の構成を説明する図である。

【図27】パルス化してから強度変調する場合の光送信機の構成を説明する図である。

。

【図28】パルス化してから強度変調する場合の光送信機の各点における信号波形を説明する図である。

【符号の説明】

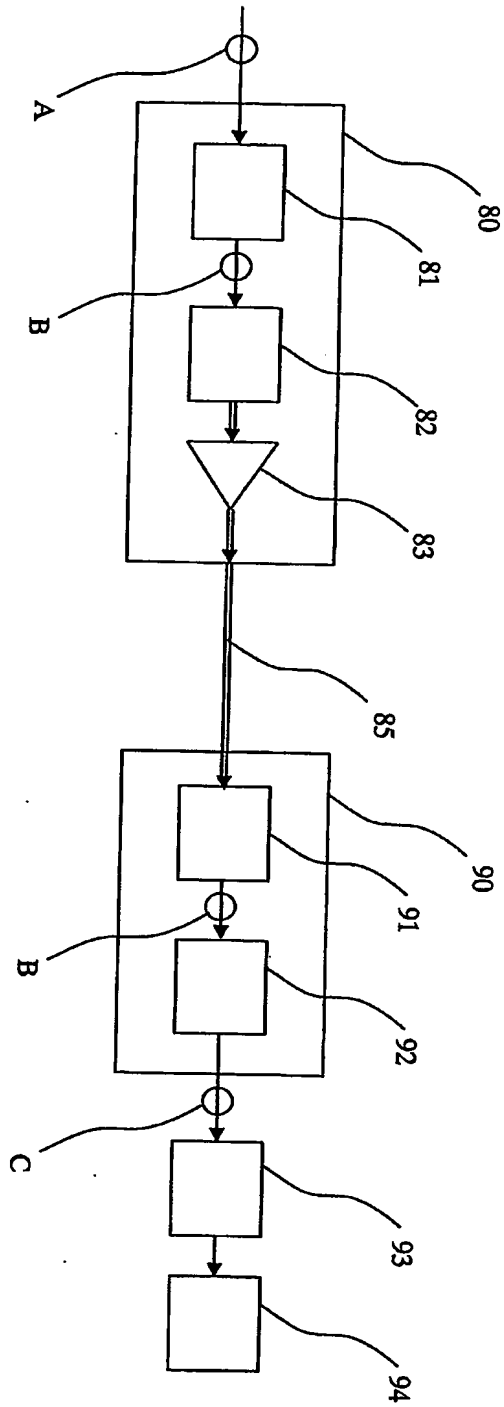
【0130】

- 10 光信号受信機
- 10-1 光信号送信機
- 10-2 光信号送信機
- 10-3 光信号送信機
- 11 光増幅回路
- 12 平滑回路
- 13 光分岐回路
- 15 光遅延線
- 17 第一の光電変換回路
- 19 第二の光電変換回路
- 20 光信号受信装置
- 21 第一の識別回路
- 23 第二の識別回路
- 25 論理積回路
- 27 論理和回路
- 30 光電変換器

- 3 1 第一のフォトダイオード
- 3 2 第二のフォトダイオード
- 3 3 抵抗
- 3 4 自動利得制御増幅回路
- 3 5 識別器
- 4 1 第一のリミッター増幅回路
- 4 2 第二のリミッター増幅回路
- 4 3 加算回路
- 4 4 ハイレベル識別器
- 4 5 ローレベル識別器
- 5 0 光電変換器
- 5 1 第一のフォトダイオード
- 5 2 第二のフォトダイオード
- 5 3 抵抗
- 5 4 自動利得制御増幅回路
- 5 5 ハイレベル識別器
- 5 6 ローレベル識別器
- 6 1 光増幅器
- 6 3 光分岐器
- 6 5 同相合成器
- 8 0 光信号送信機
- 8 1 F M 一括変換回路
- 8 2 光源
- 8 3 光増幅回路
- 8 5 光伝送路
- 8 6 プリディストーション回路
- 8 8 リミッター回路
- 9 0 光信号受信機
- 9 1 光電変換回路
- 9 2 F M 復調回路
- 9 3 セットトップボックス
- 9 4 テレビ受像機
- 1 0 1 光周波数変調部
- 1 0 2 光合波部
- 1 0 3 光検波部としてのフォトダイオード
- 1 0 4 光周波数局部発振部
- 1 0 5 差動分配部
- 1 0 6 光周波数変調部
- 1 0 7 光周波数変調部
- 1 1 1 電圧制御発振部
- 1 1 2 電圧制御発振部
- 1 1 4 電圧制御発振部
- 1 1 5 ミキサー
- 1 1 7 ローパスフィルタ
- 1 2 1 同相分配部
- 1 2 2 遅延線
- 1 2 3 歪み発生回路
- 1 2 6 差動合成部
- 1 2 4 振幅調整部
- 1 2 5 遅延調整部

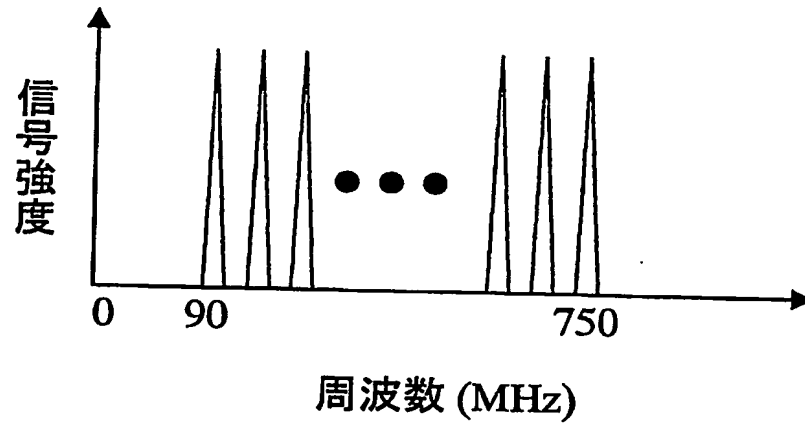
- 1 3 1 リミッター増幅部
- 1 3 2 遅延線
- 1 3 3 ANDゲート
- 1 3 4 ローパスフィルタ

【書類名】 図面
【図 1】

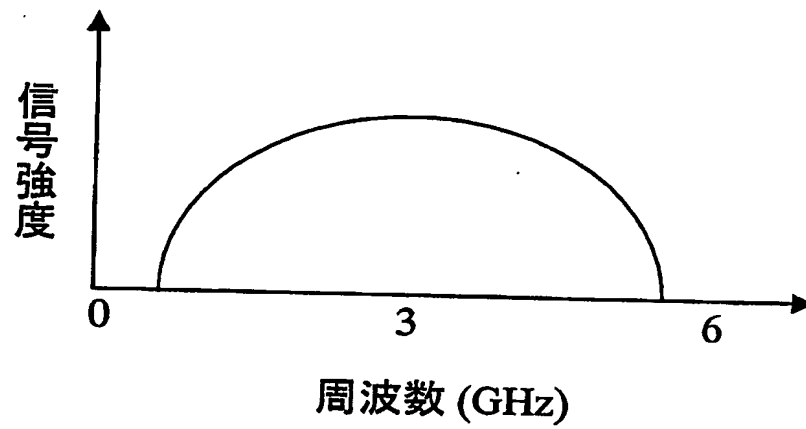


【図 2】

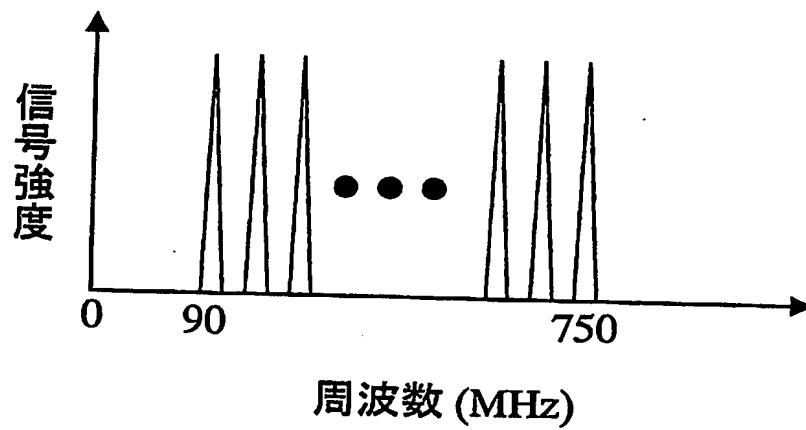
(A)



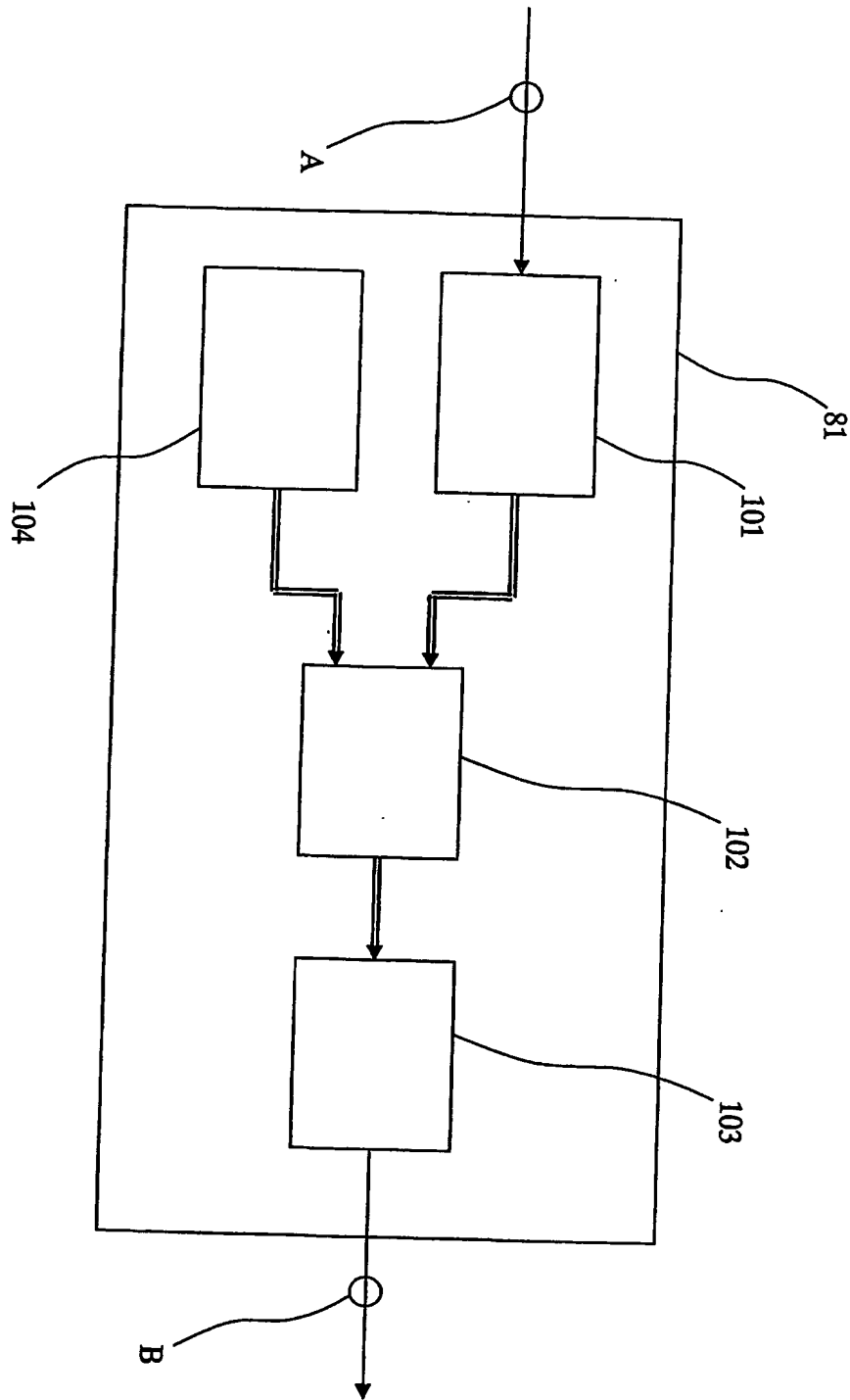
(B)



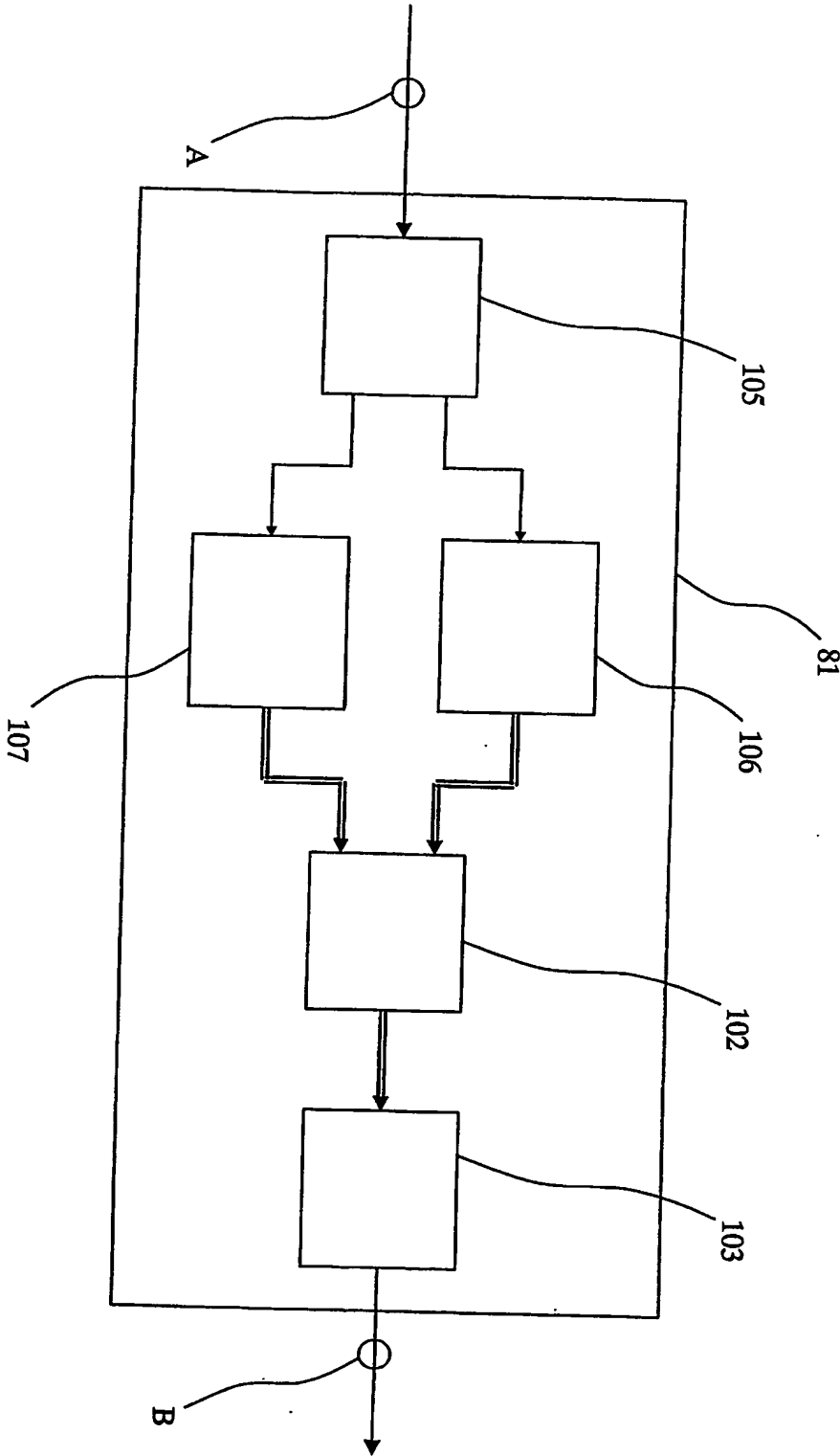
(C)



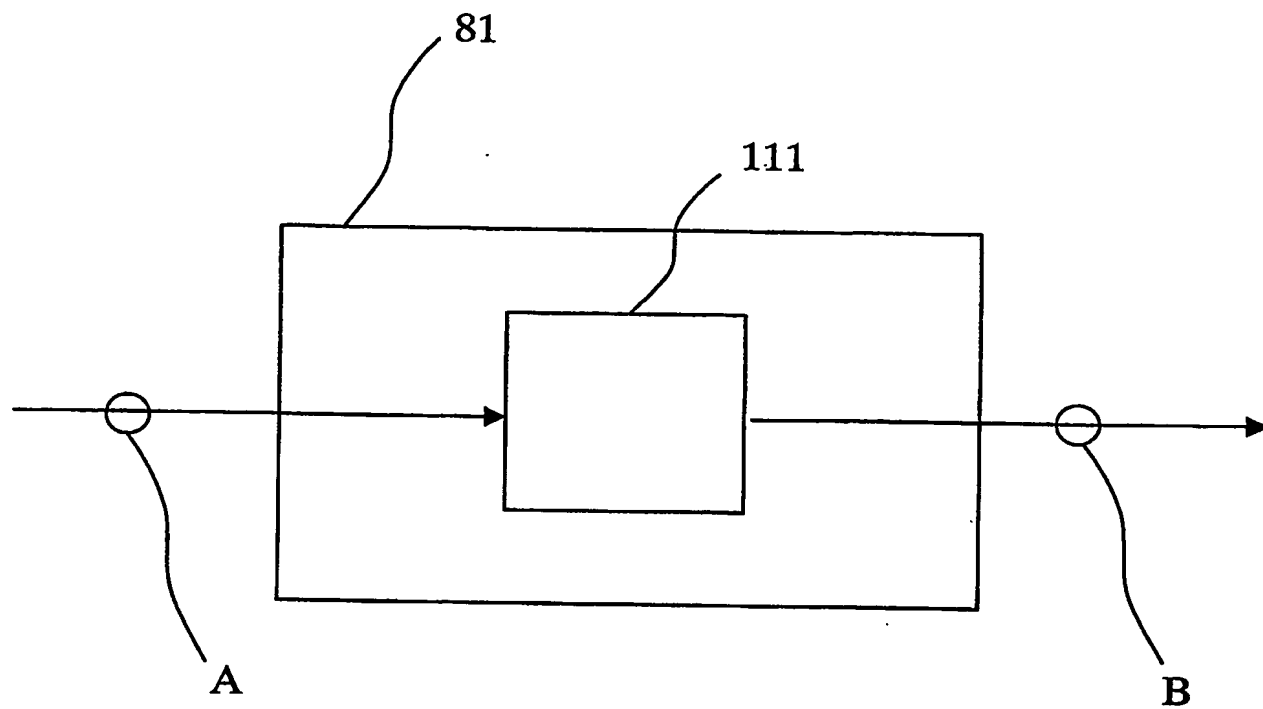
【図 3】



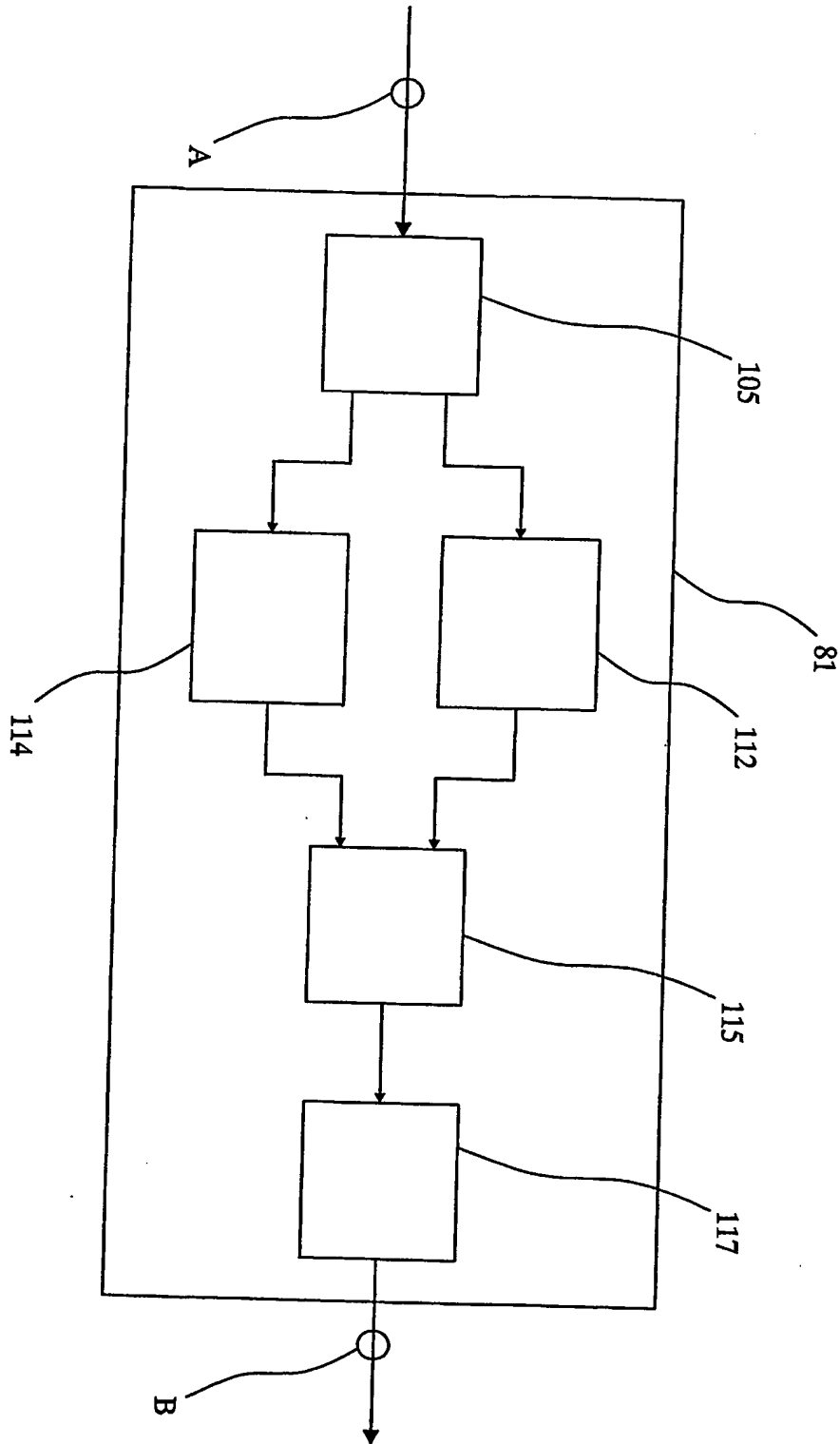
【図 4】



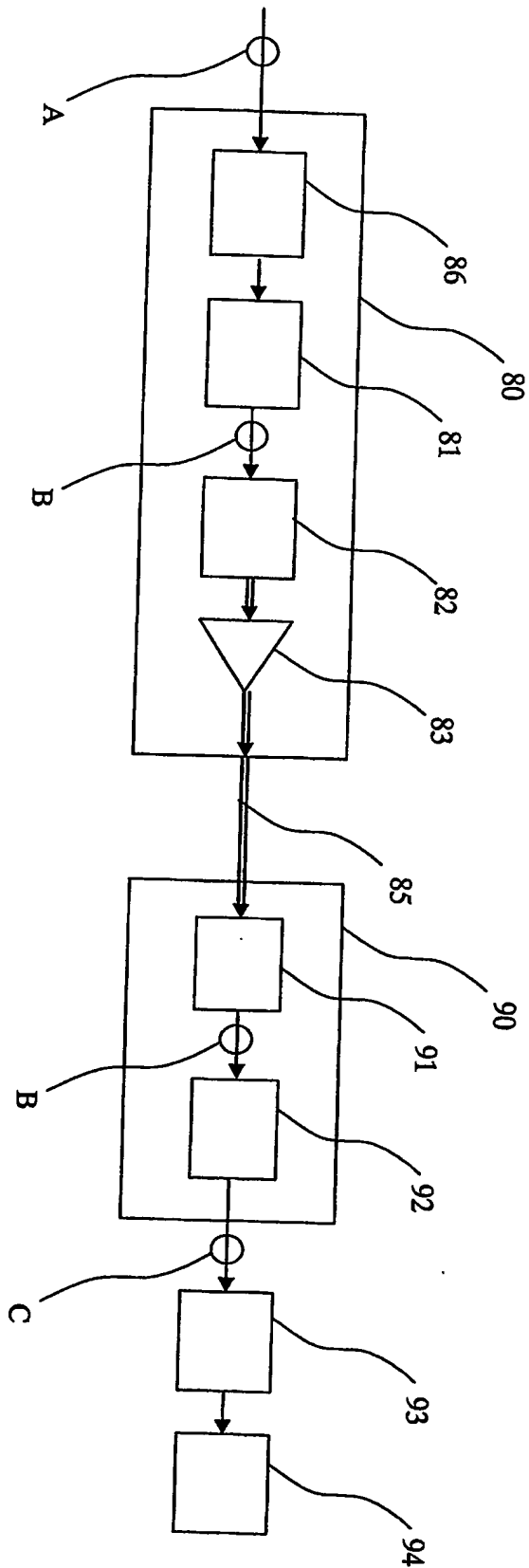
【図 5】



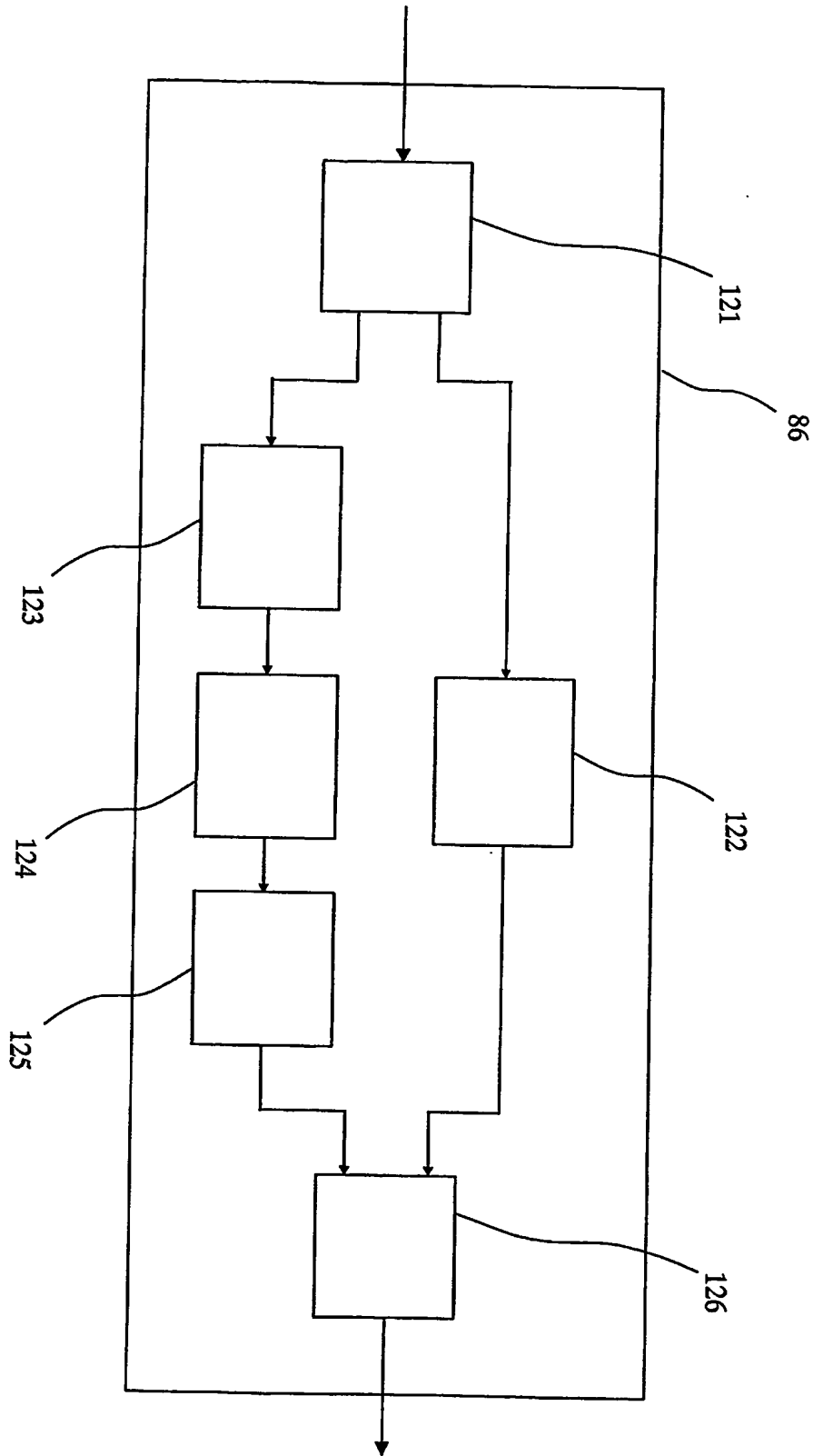
【図 6】



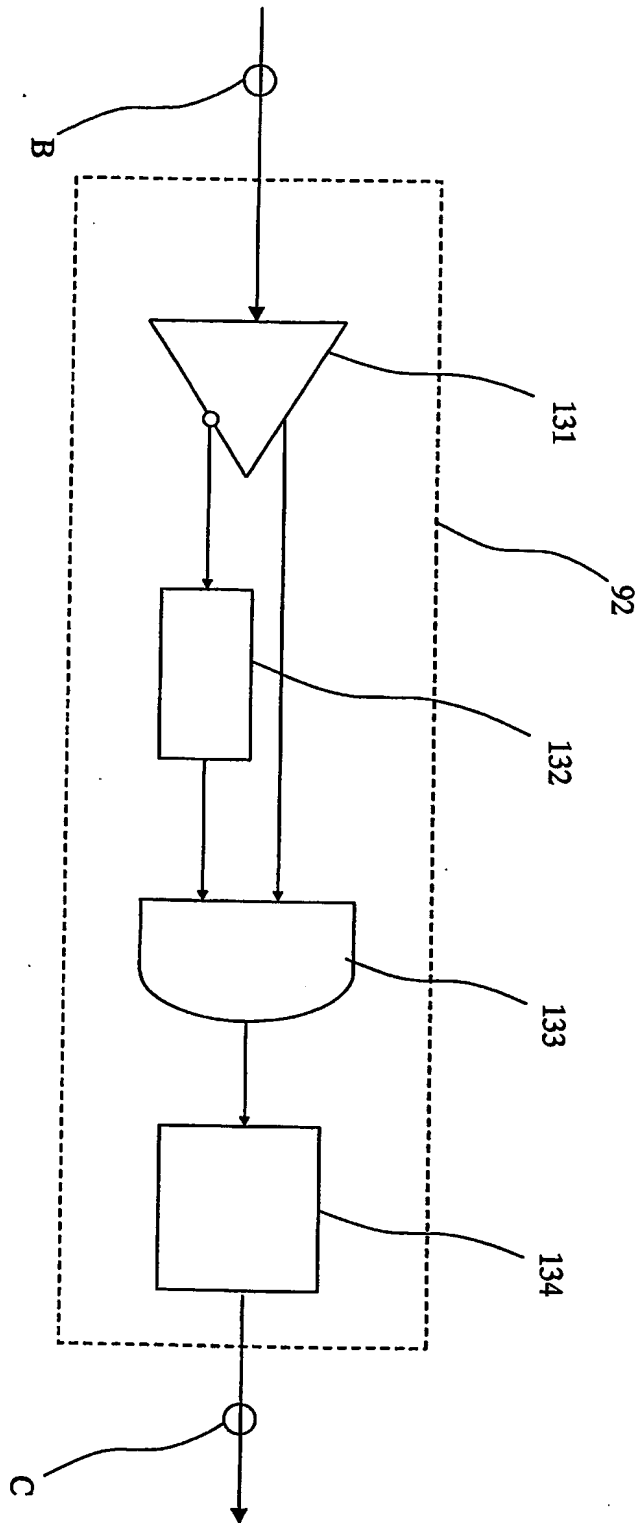
【図 7】



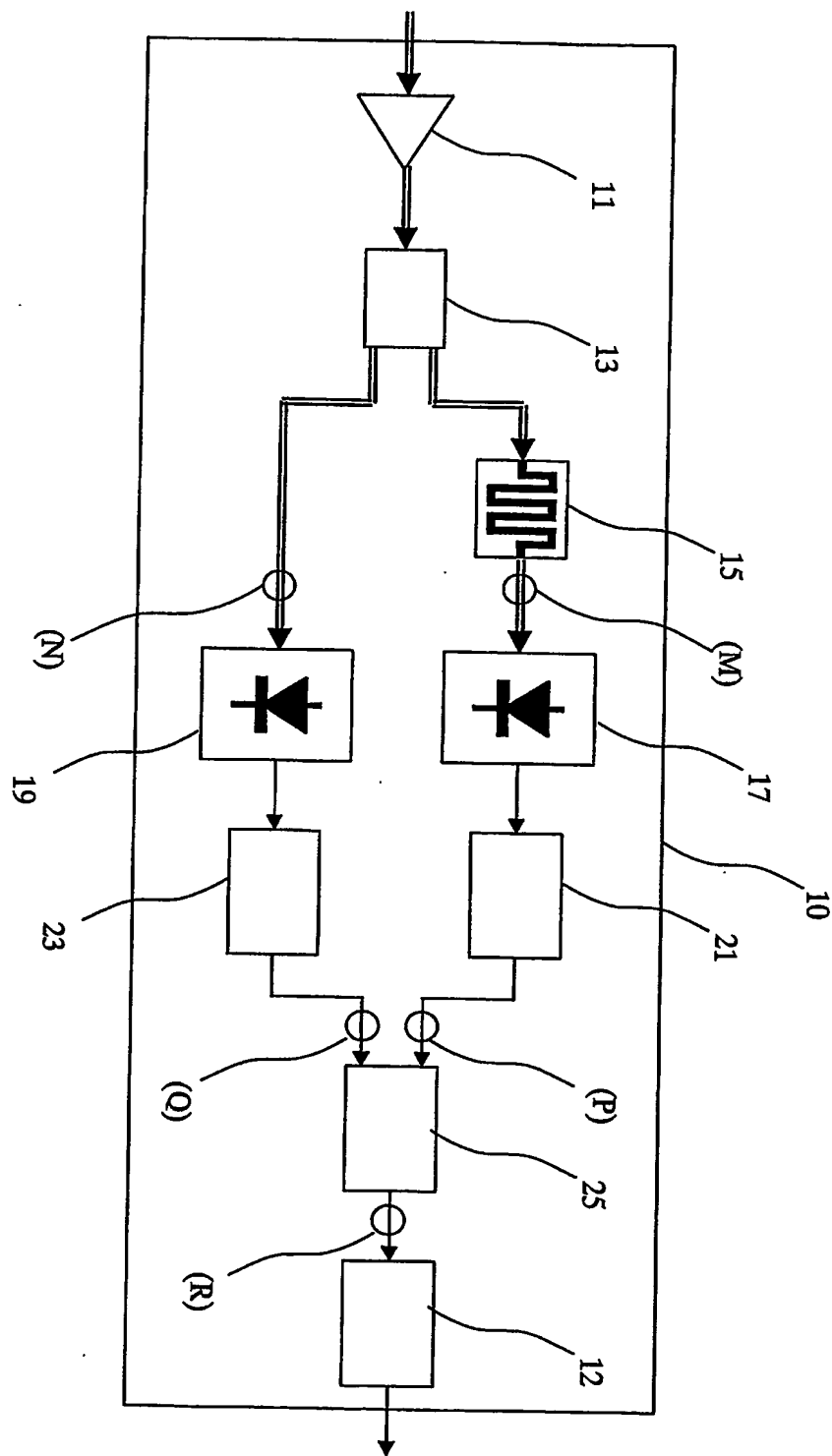
【図 8】



【図 9】

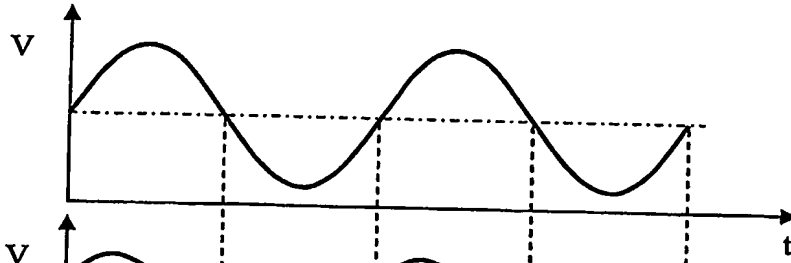


【図 10】

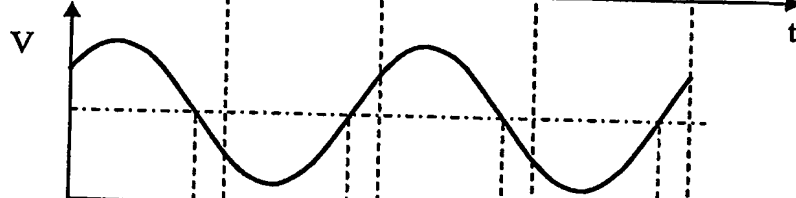


【図 11】

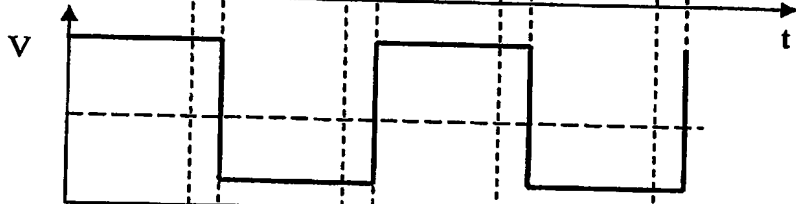
(M)



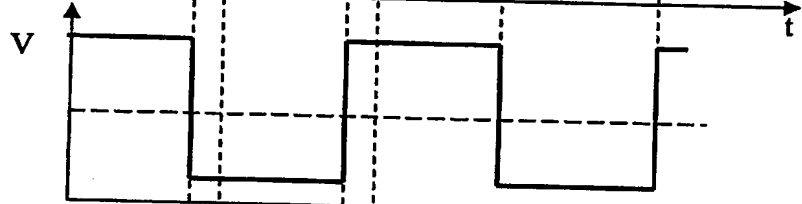
(N)



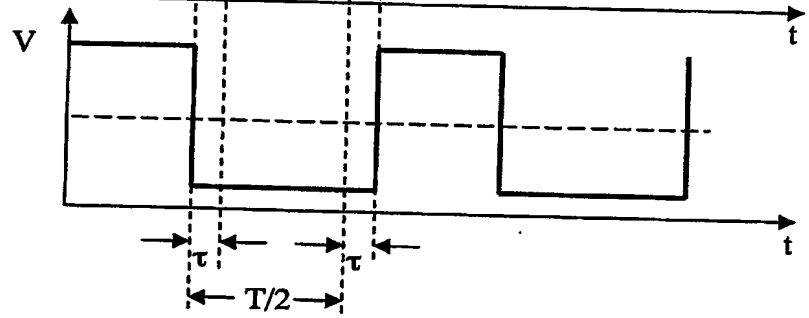
(P)



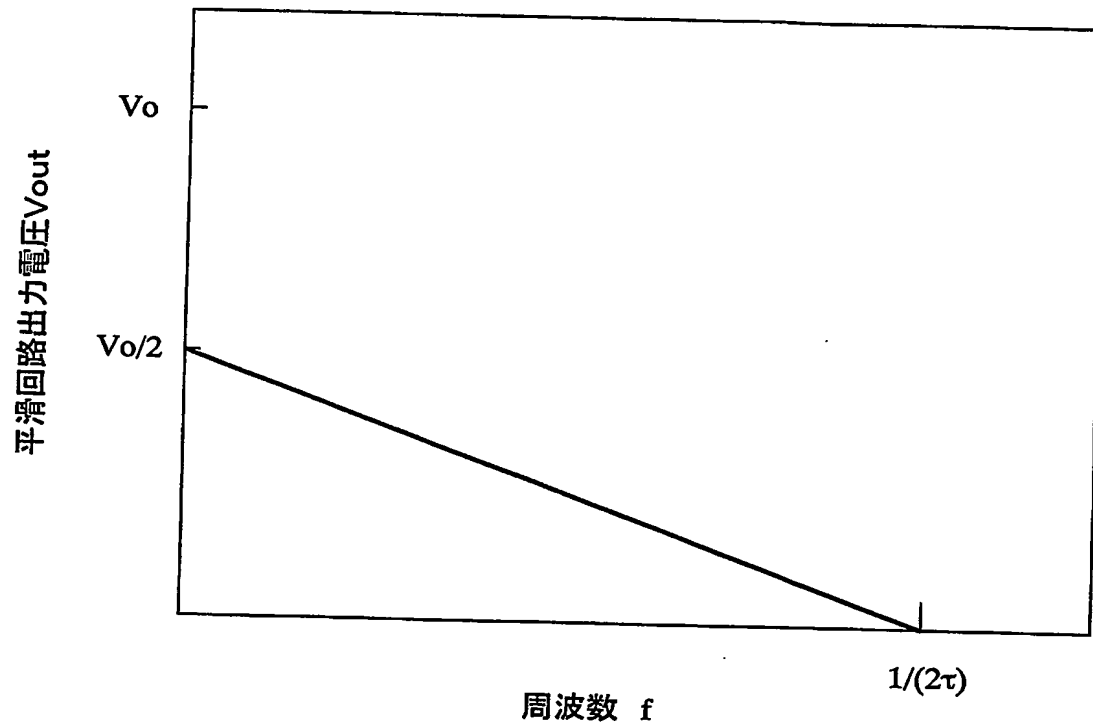
(Q)



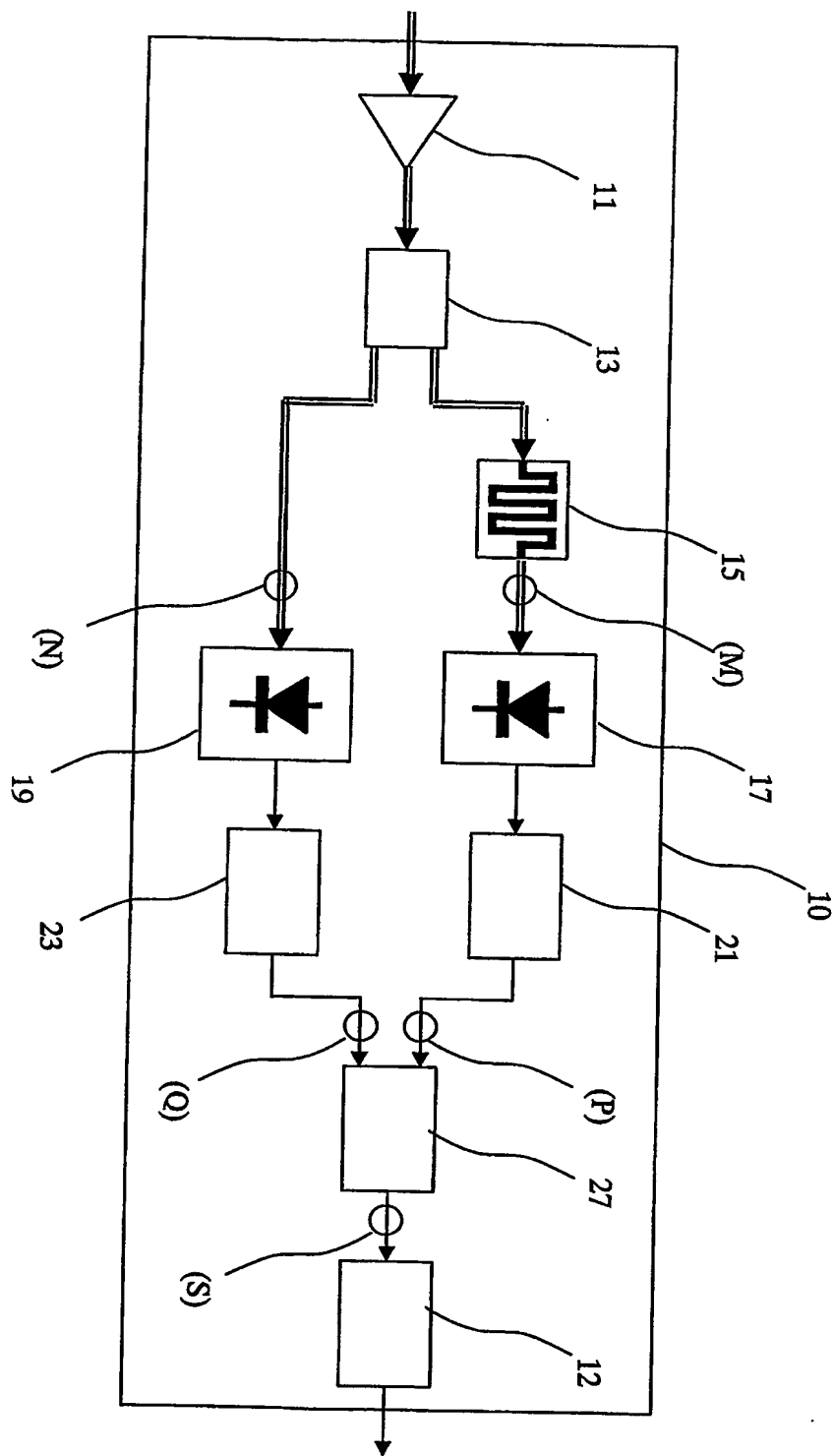
(R)



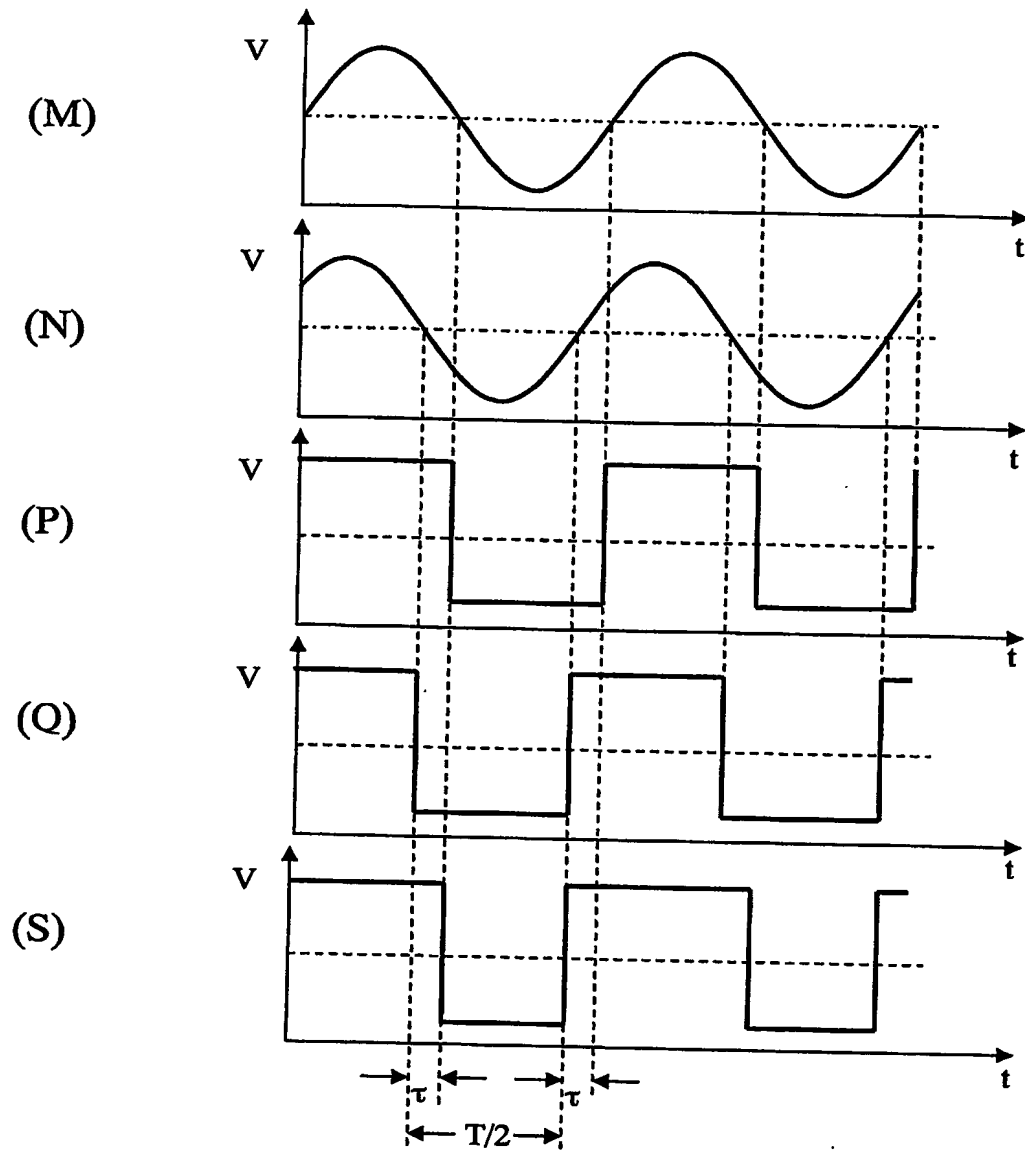
【図 12】



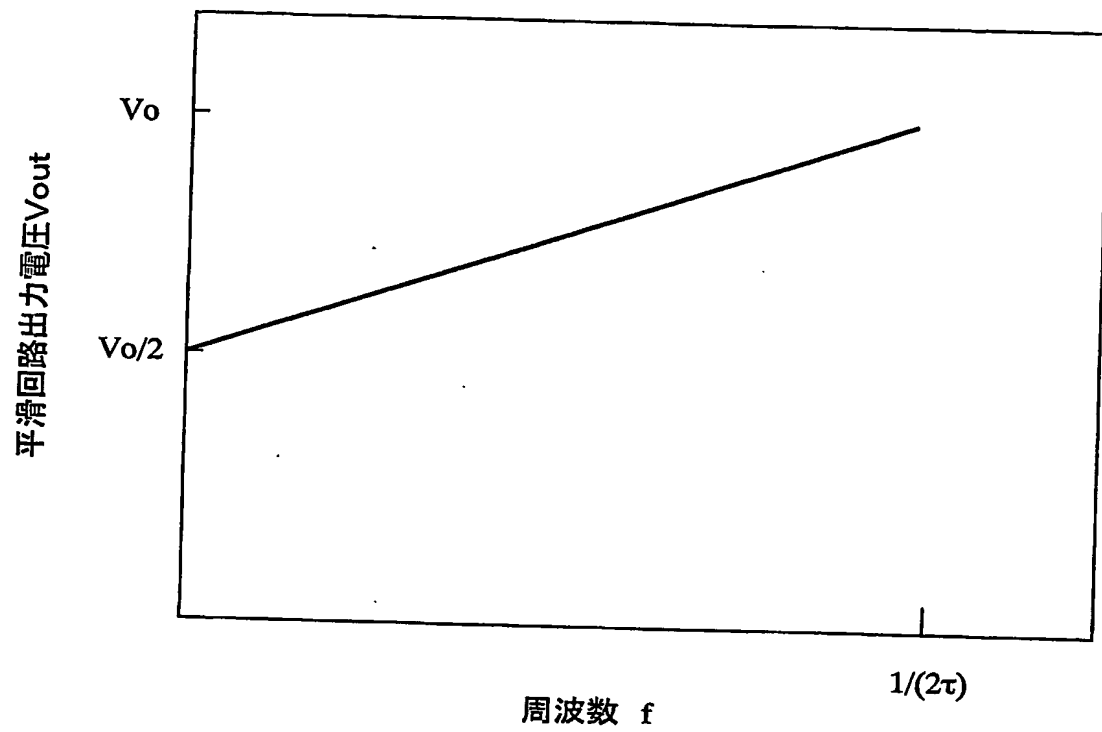
【図 13】



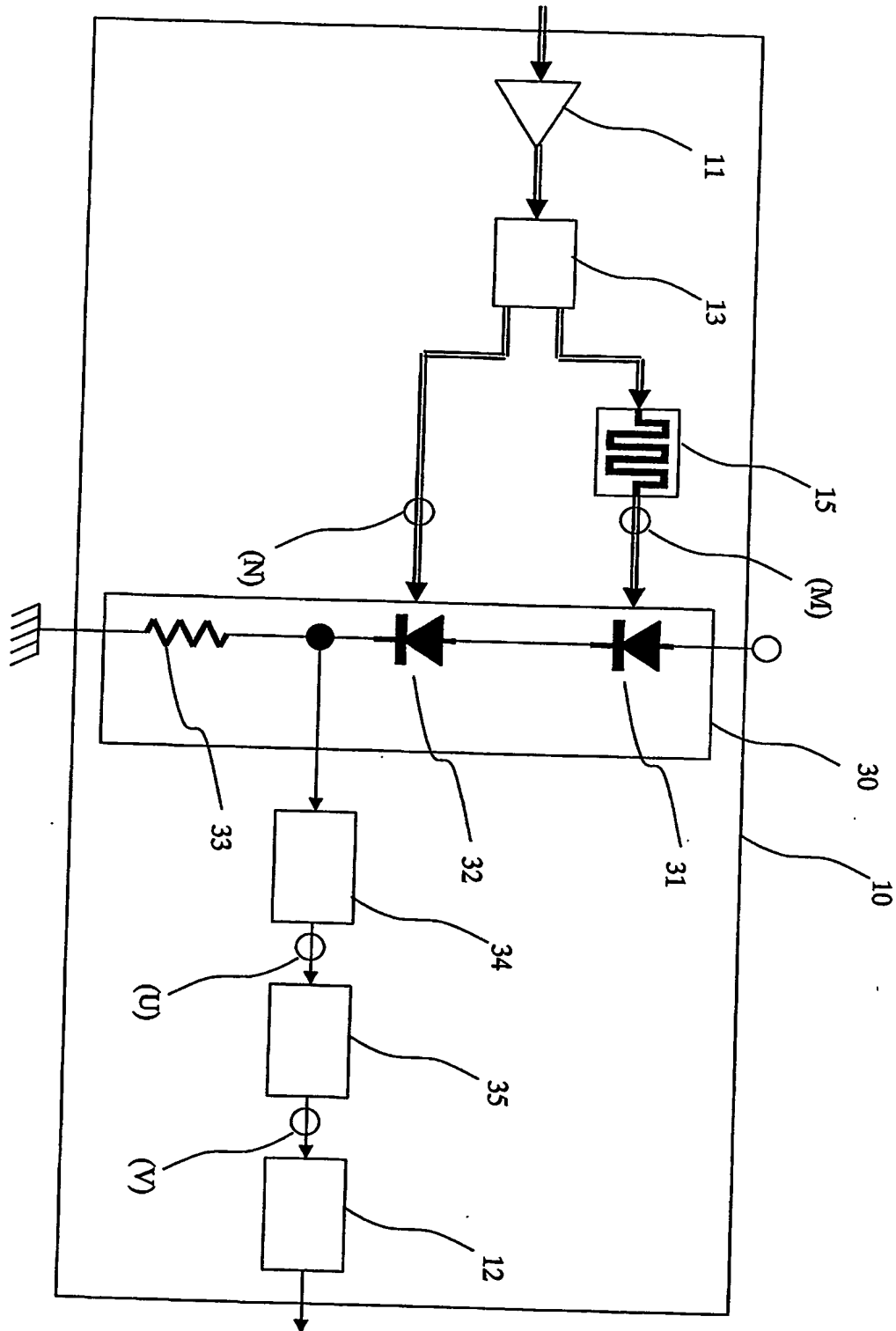
【図 14】



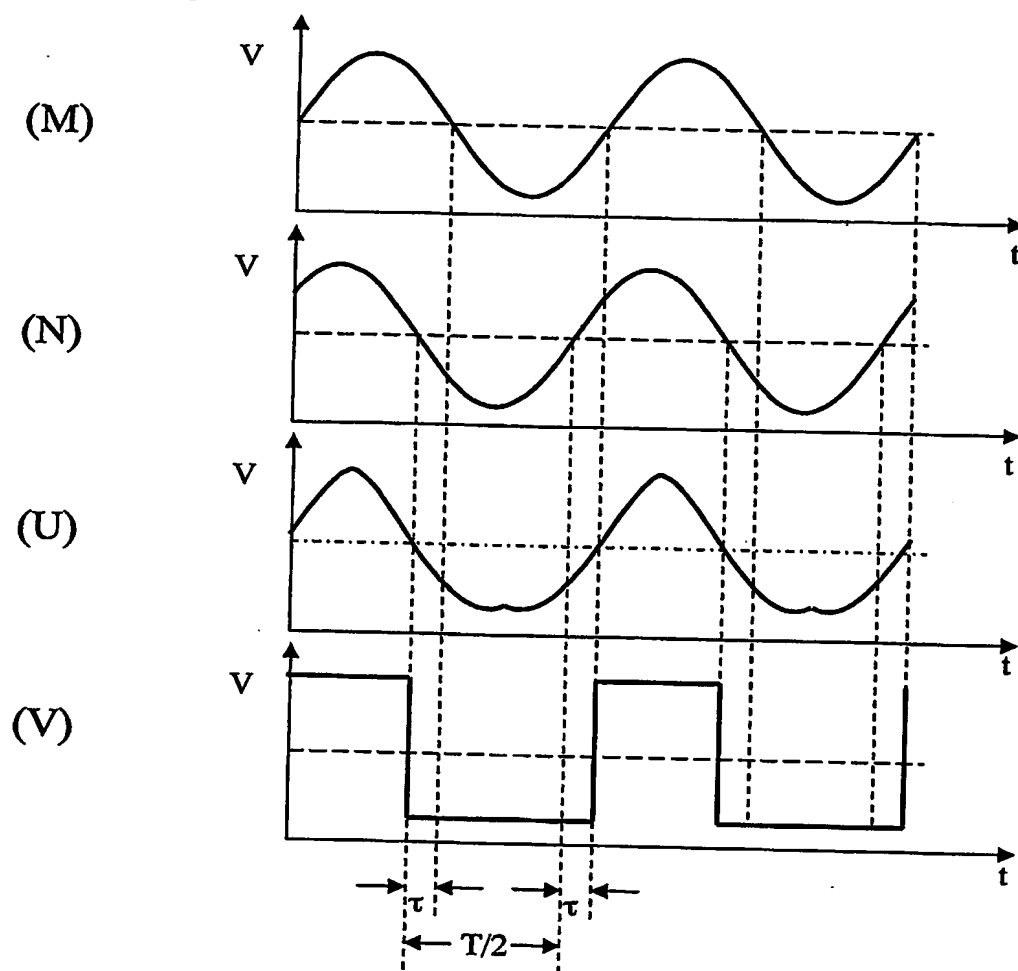
【図 15】



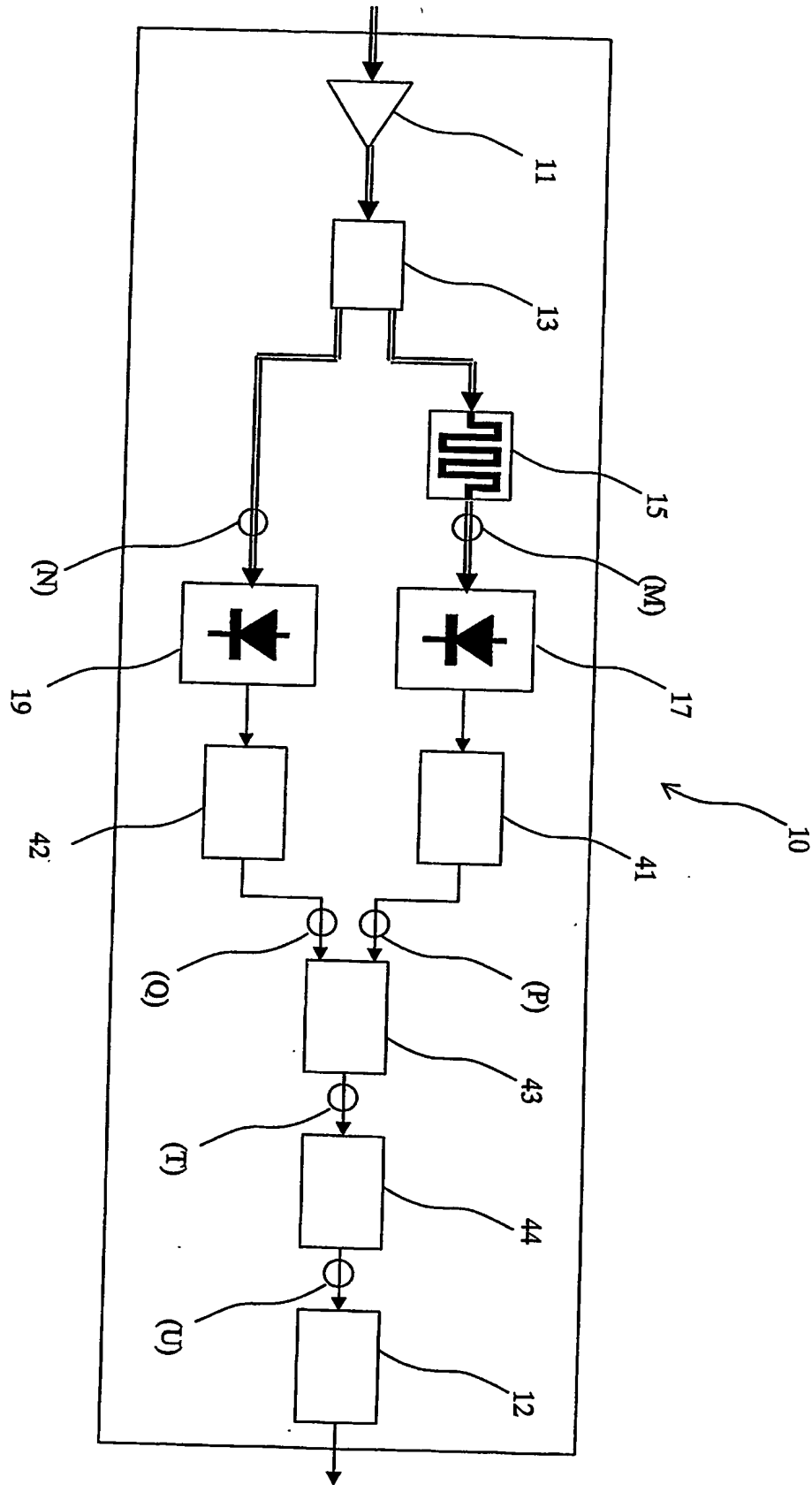
【図 16】



【図 17】

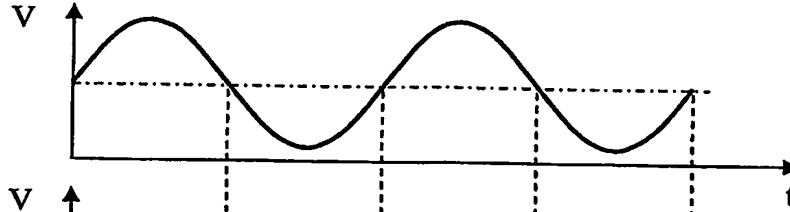


【図 18】

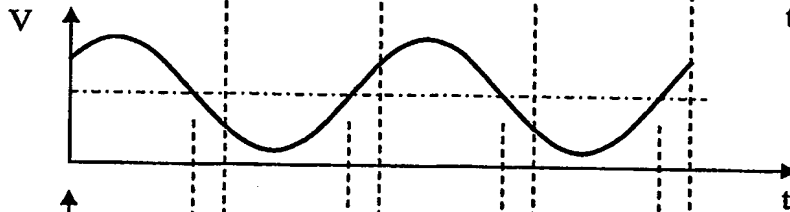


【図 19】

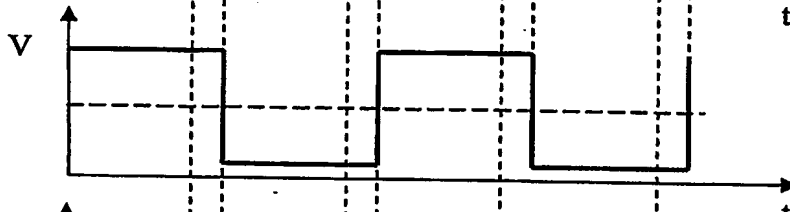
(M)



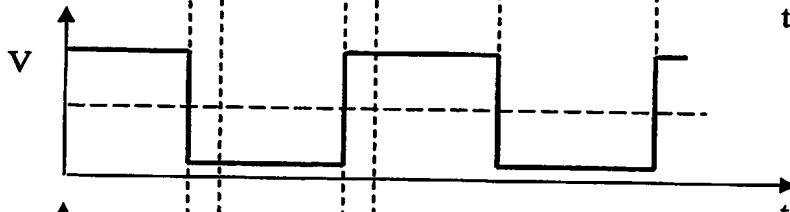
(N)



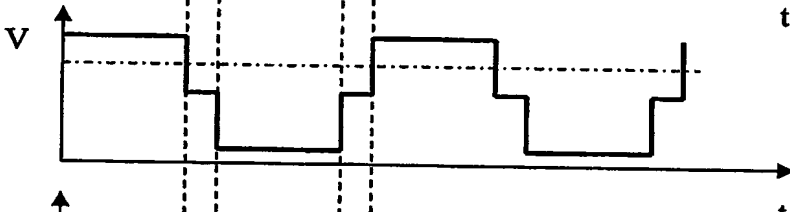
(P)



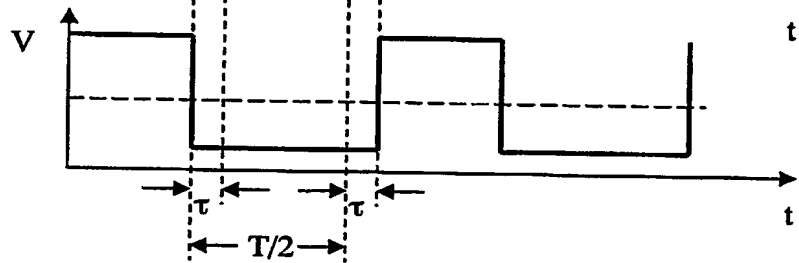
(Q)



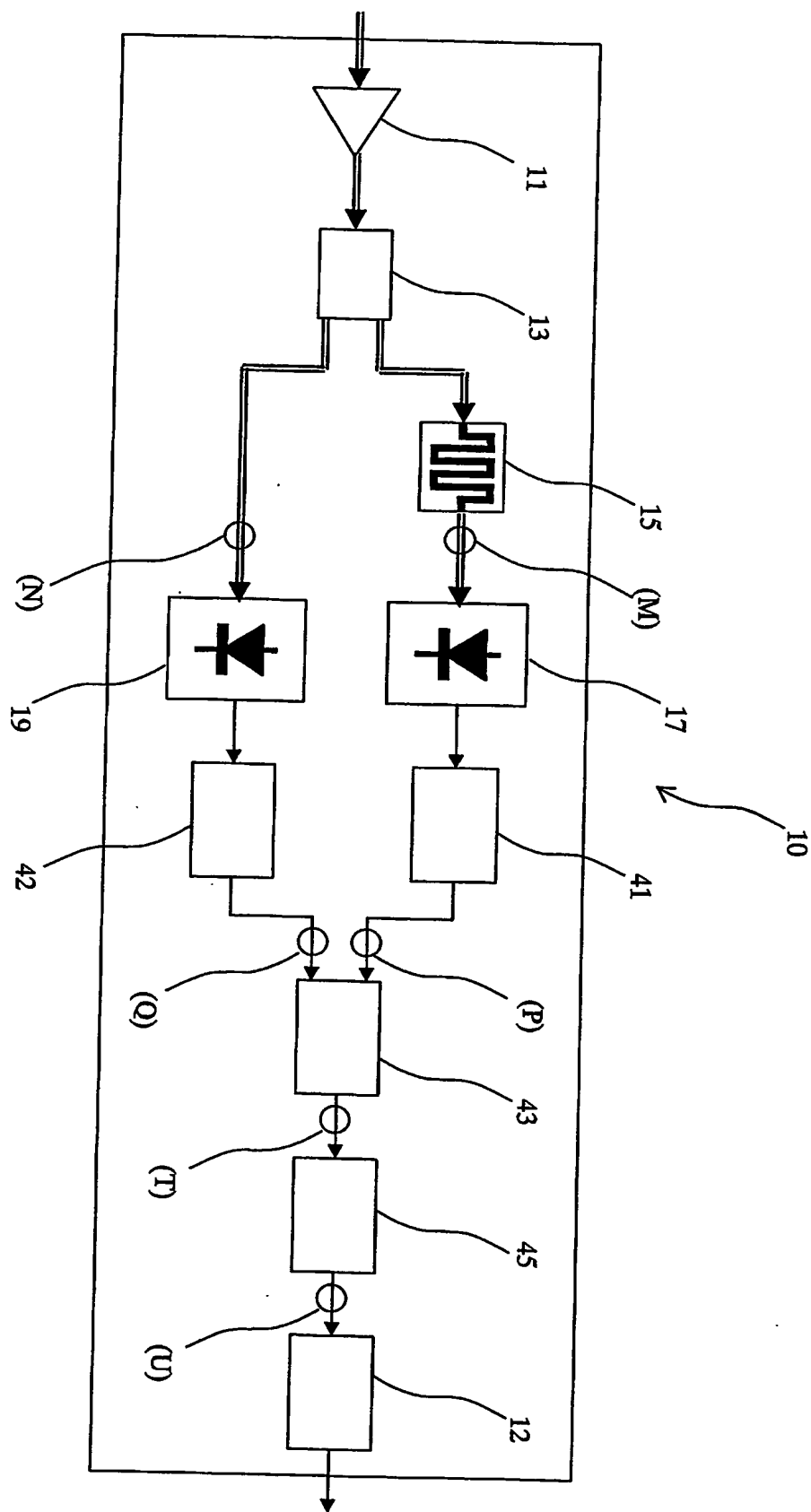
(T)



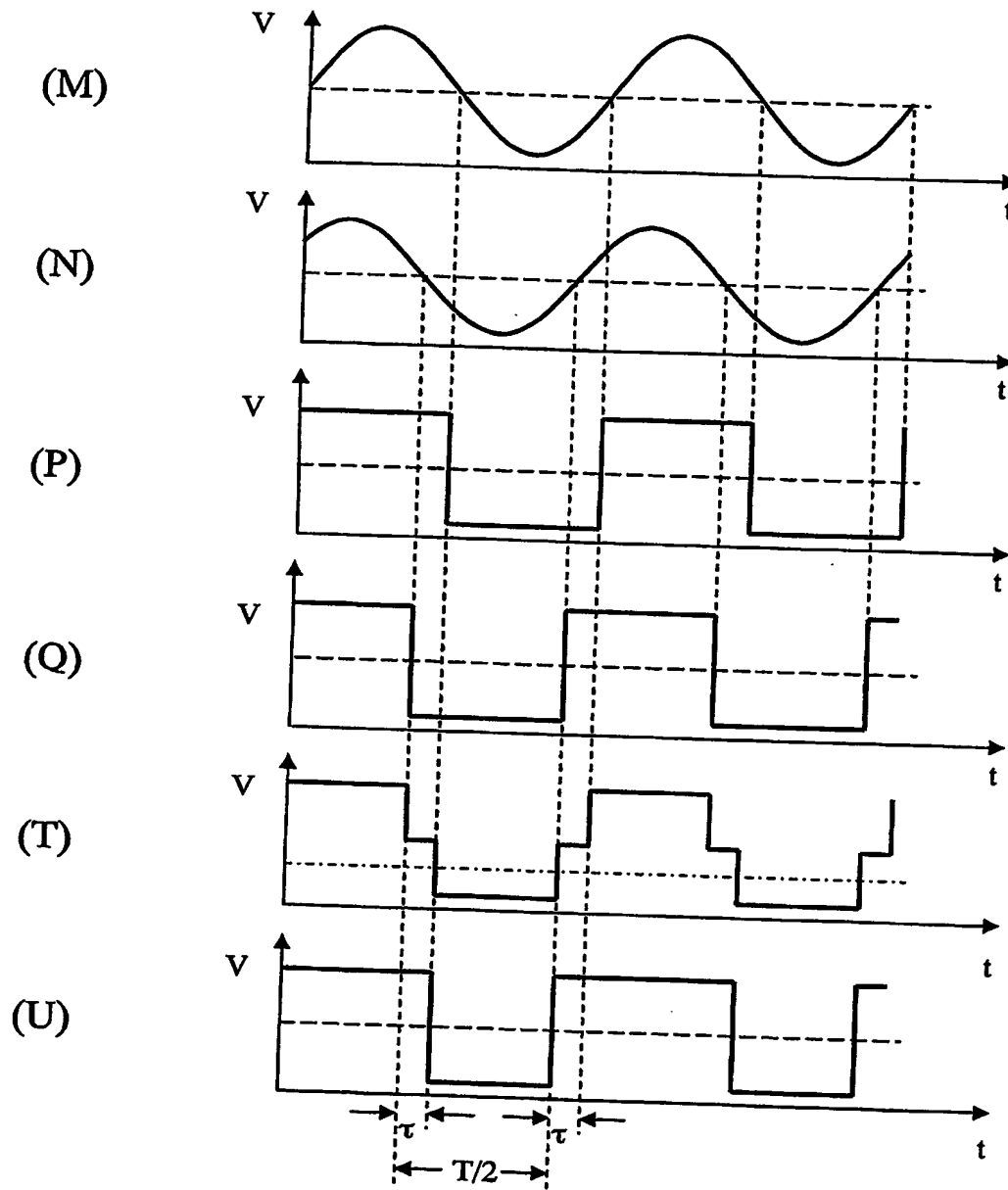
(U)



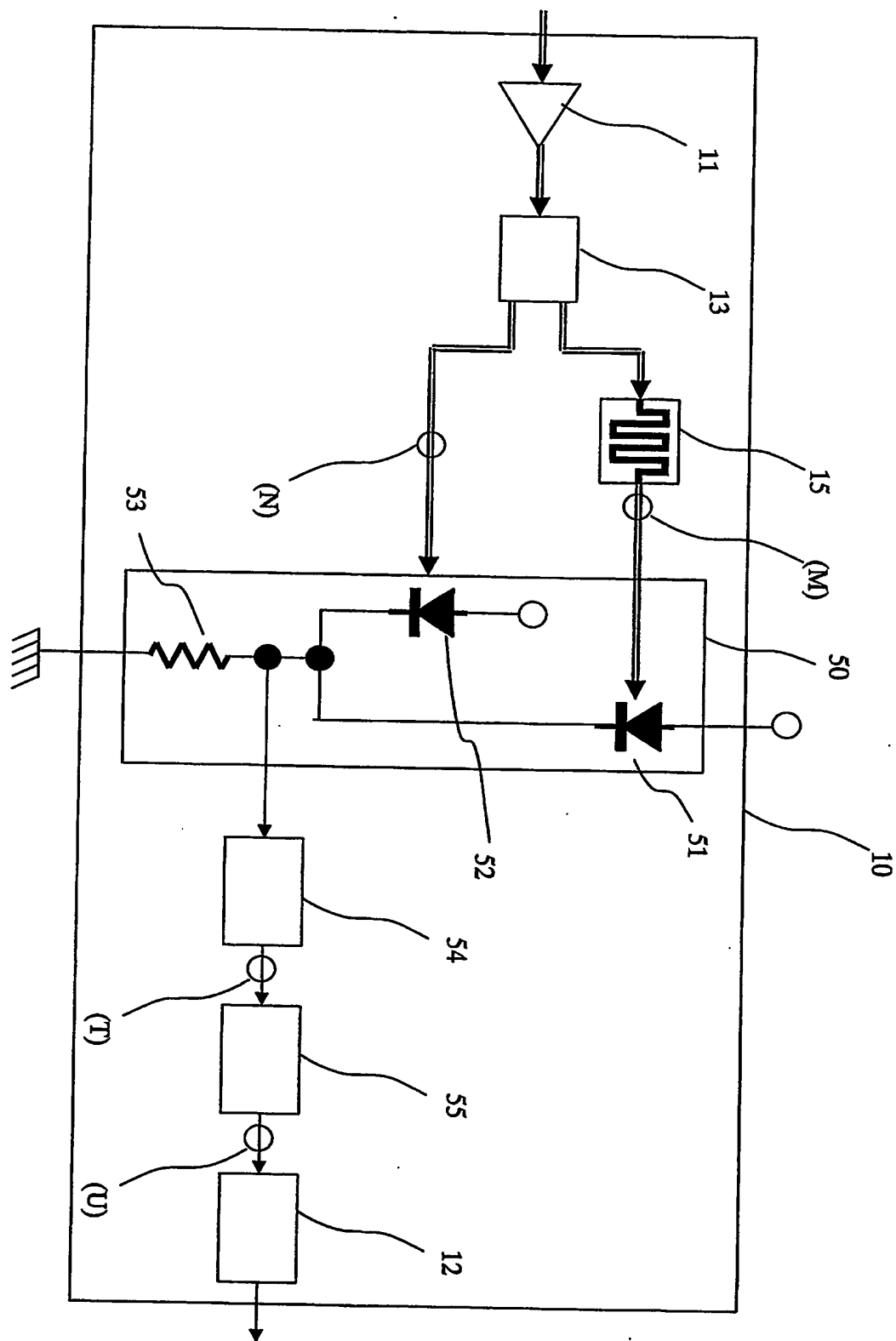
【図 20】



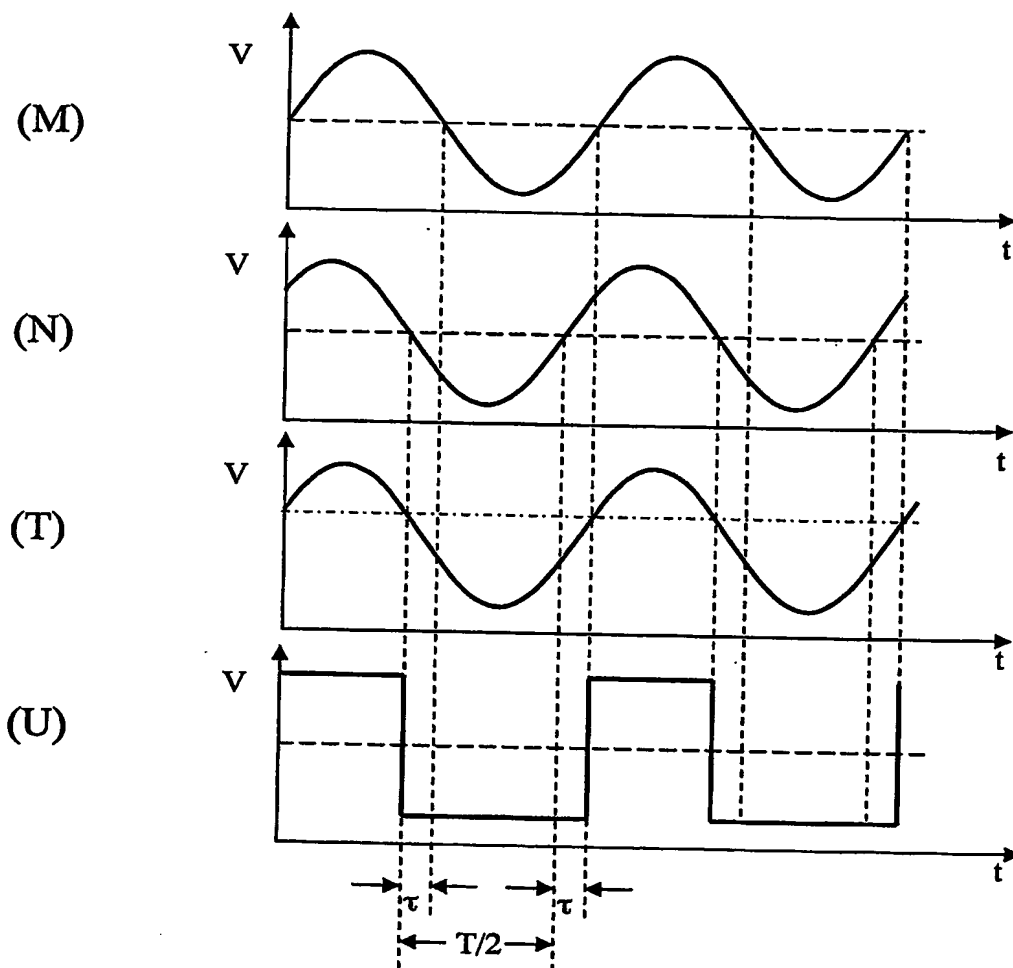
【図 21】



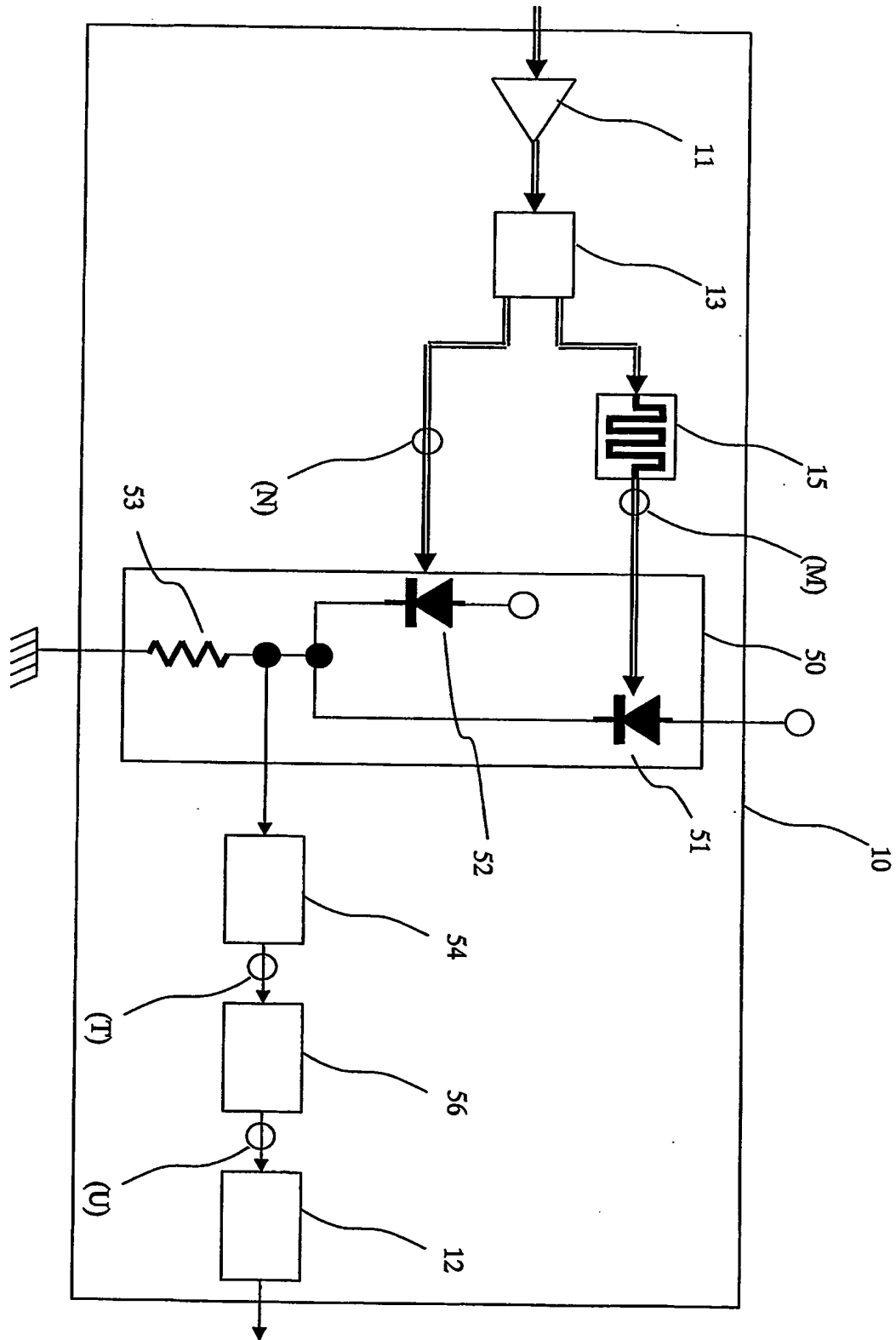
【図 22】



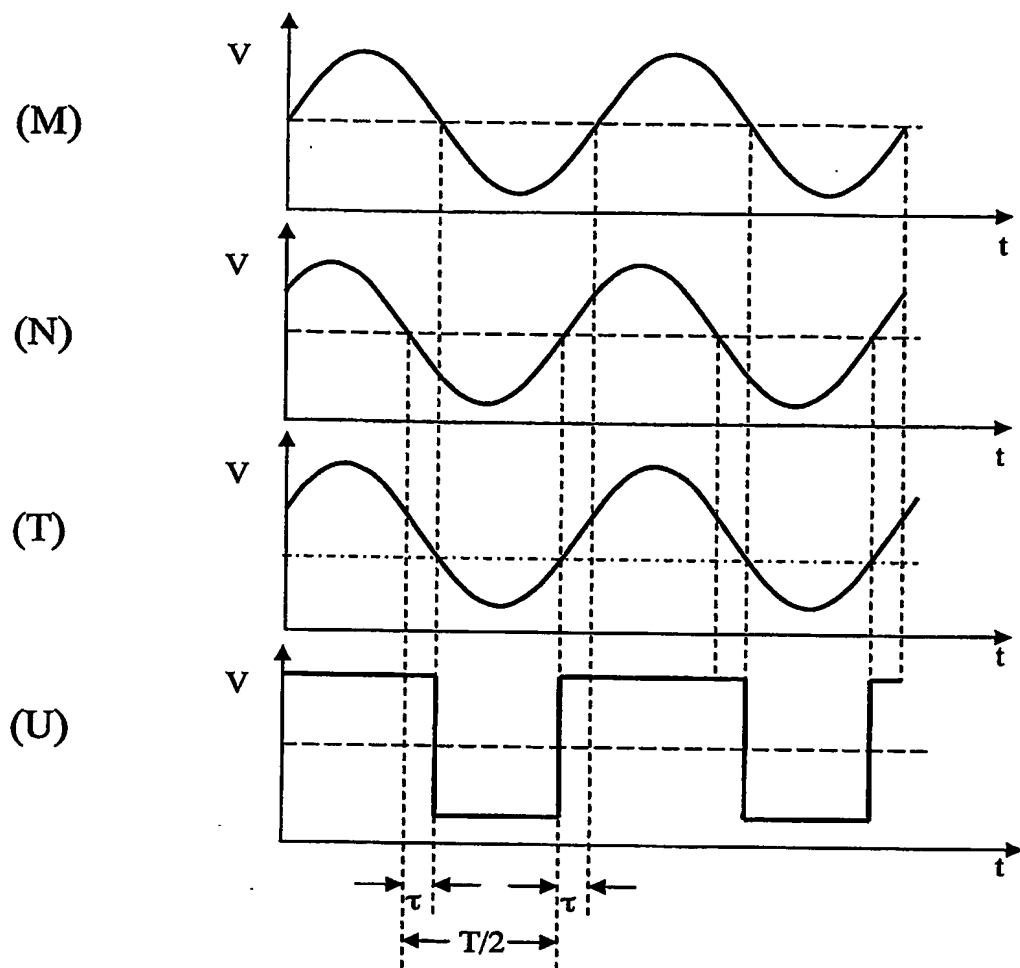
【図 23】



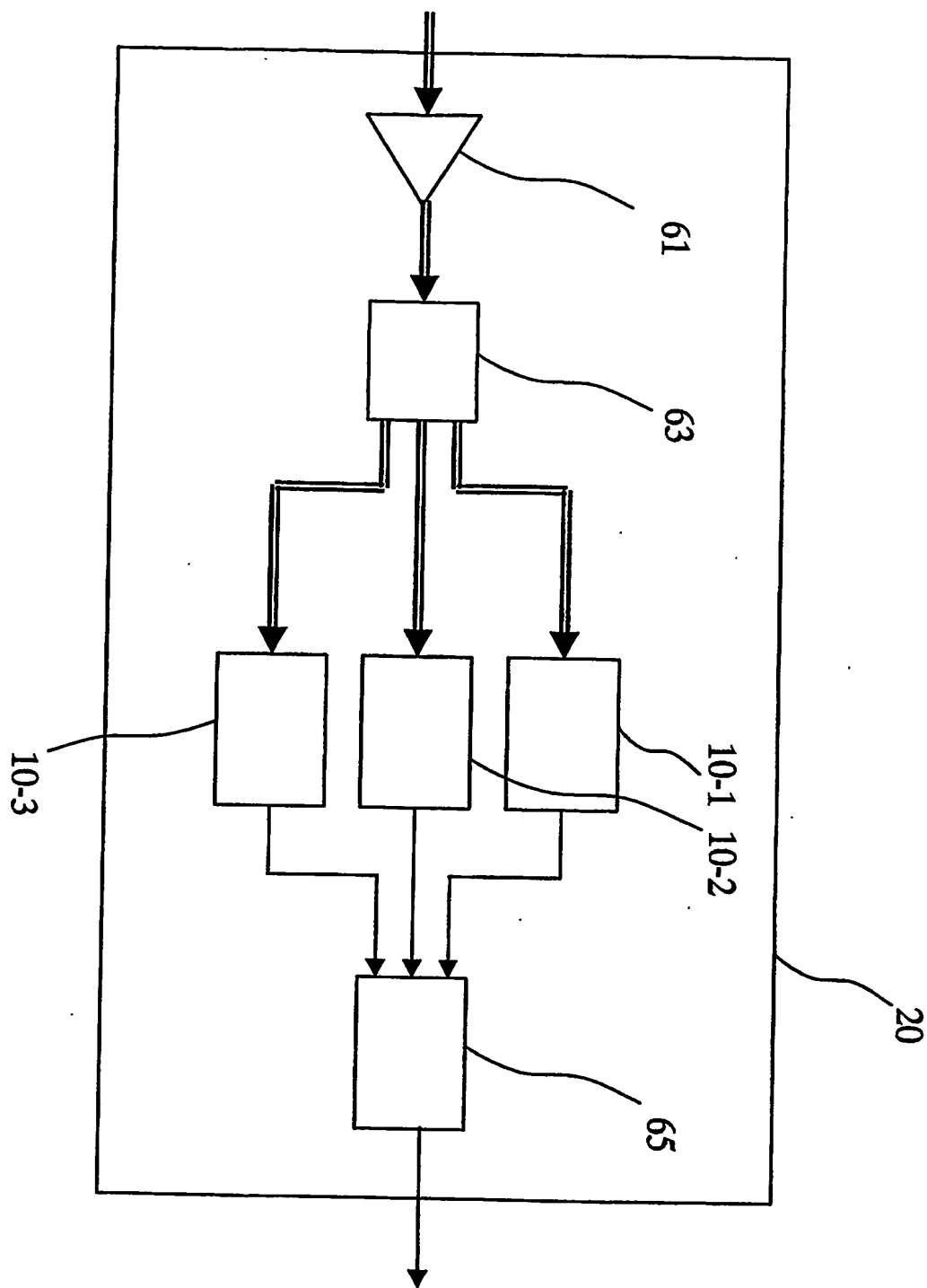
【図 24】



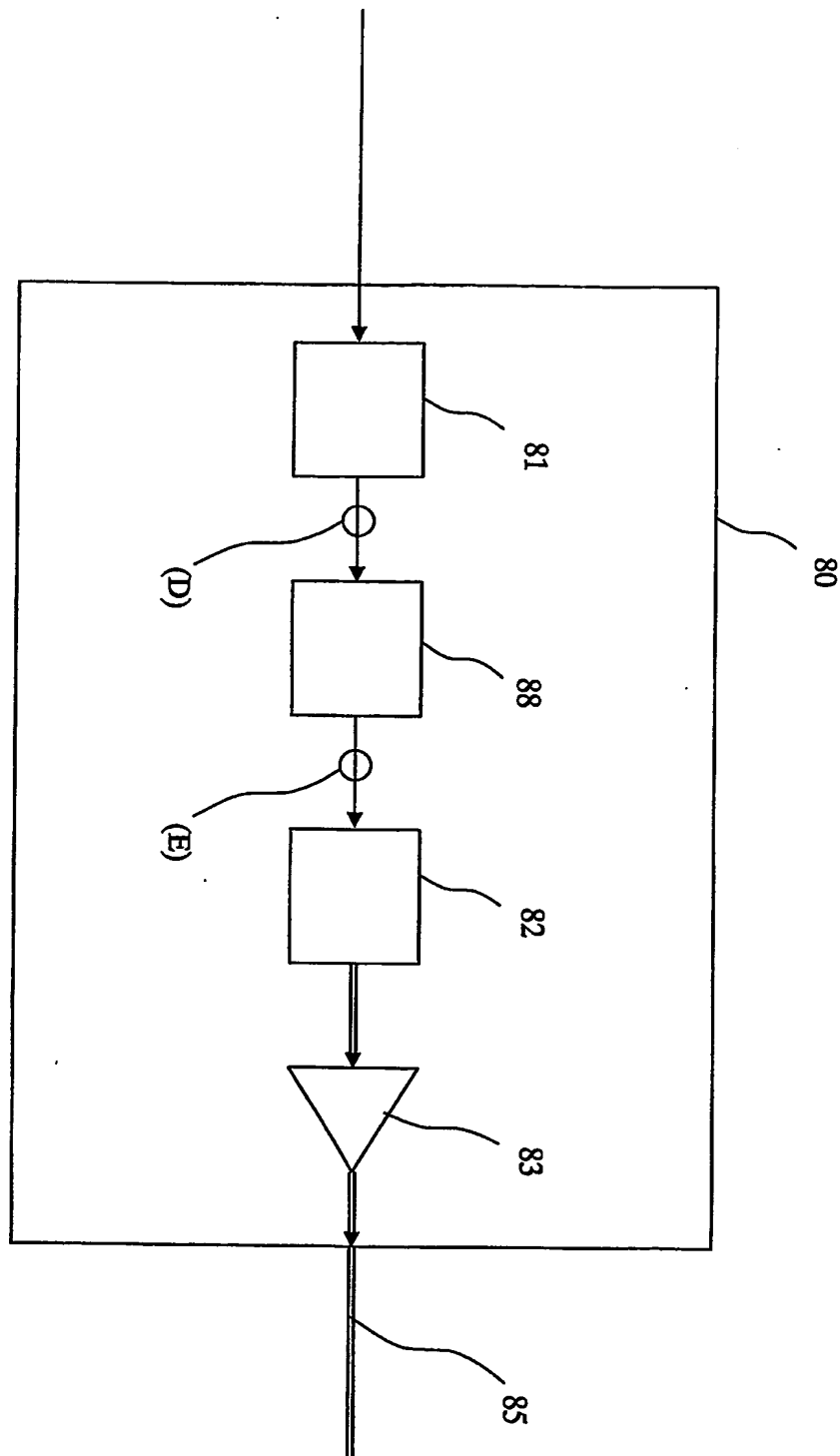
【図 25】



【図 26】

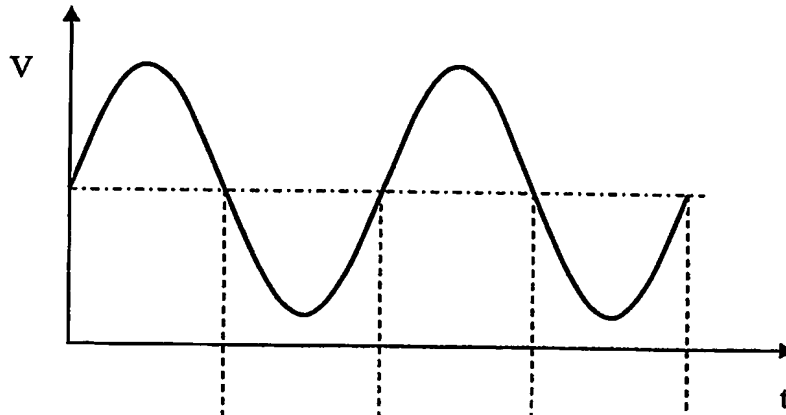


【図 27】

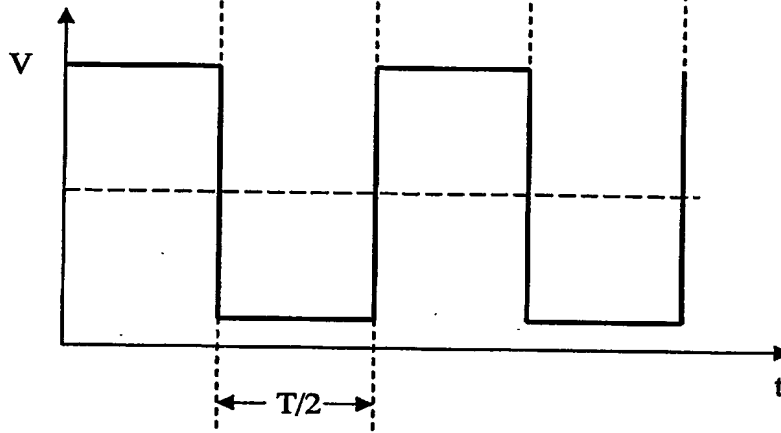


【図 28】

(D)



(E)



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 従来の光信号受信機では、遅延線検波に使用する遅延線の両端のインピーダンス不整合によって、遅延線が高周波では異なる遅延時間特性を有していた。つまり、高周波では位相歪みが生じていた。その結果、高周波位相ひずみによってCSO、CTBの劣化が劣化することになる。そこで、低歪みなFM復調回路を使用した光信号受信機、光信号受信装置及び当該光信号受信機又は当該光信号受信装置を利用した光信号伝送システムを実現することを目的とする。

【解決手段】 本願発明は、上記課題を解決するために、入力する光信号を光分岐回路で2分岐し、2分岐した光信号の一方を光遅延線で遅延させ、光遅延線からの光信号を電気信号に変換する光電変換回路と、2分岐された光信号の他方の光信号を電気信号に変換する光電変換回路を利用してFM復調する光受信機である。

【選択図】 図10

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-315649
受付番号	50301486017
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0096
作成日	平成15年 9月 9日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成15年 9月 8日

特願 2003-315649

ページ: 1/E

出願人履歴情報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日

1999年 7月15日

[変更理由]

住所変更

住所

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏名

日本電信電話株式会社